عالم المعرفة

152

التلوث مشكلة العصر

تأليف

د. أحمد مدحت إسلام

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

VISIT…

LANZAROTE

Caliente.COM



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923 ـ 1990

152

التلوث مشكلة العصر

تأليف

د. أحمد مدحت إسلام



أغسطس 1990

المحتوى

المحتوى

المحتوى

تقديم



الهدف من هذا الكتاب هو أن أقدم للقارئ العربي فكرة شاملة عن ظاهرة انتشرت بيننا في كل مكان، وهي ظاهرة التلوث الذي يمثل اليوم واحدة من أكبر مشاكل هذا العصر، ومن أكثرها خطرا على مستقبل الحياة على هذا الكوكب.

ولا بد في كتاب صغير بهذا الحجم، يتناول موضوعا كبيرا ومتشابكا مثل موضوع التلوث، من أن يكون هناك كثير من التبسيط، وكثير من الحذف هنا والتركيز هناك، وهو ما قد يتبينه بعض من يعملون في هذا المجال، ولكنني أرجو أن أكون قد تناولت في هذا العرض العام لمشكلة التلوث كثيرا من أسبابها، وكثيرا من جوانبها الهامة. فهي مشكلة تستحق منا اليوم كل عناية واهتمام.

مقدمه

البيئة هي كل ما هو خارج عن كيان الإنسان، وكل ما يحيط به من موجودات. فالهواء الذي يتنفسه الإنسان، والماء الذي يشربه، والأرض التي يسكن عليها ويزرعها، وما يحيط به من كائنات حية أو من جماد، هي عناصر البيئة التي يعيش فيها، وهي الإطار الذي يمارس فيه حياته ونشاطاته المختلفة.

وأهم ما يميز البيئة الطبيعية هو ذلك التوازن الدقيق القائم بين عناصرها المختلفة، فلو أن ظروفا ما أدت إلى إحداث تغيير من نوع ما في إحدى هذه البيئات، فإنه بعد فترة قليلة قد يؤدي بعض الظروف الطبيعية الأخرى إلى تلافي آثار هذا التغيير.

ومن أمثلة ذلك أن النار إذا دمرت جزءا من إحدى الغابات، لأنه بعد عدة أعوام قليلة تعود هذه الأرض التي احترقت أشجارها إلى طبيعتها الأولى، فتنمو بها الحشائش والأعشاب، ثم سرعان ما تكتسي بالأشجار الباسقة مرة أخرى.

ويرى العلماء أن هذا التوازن شيء حقيقي وقائم فعلا بين العناصر المكونة للبيئة، وهم يعبرون عنه باسم «النظام البيئي» (ecosystem)، وهو نظام متكامل يعيش فيه كل المساهمين في توازن تام، ويعتمد كل منهم على الآخر في جزء من حياته واحتياجاته، ويقوم كل منهم بمهمته في هذا النظام خير قيام.

ويتكون النظام البيئي من أربعة عناصر رئيسة هي: عناصر الإنتاج، وعناصر الاستهلاك، وعناصر التحلل، والعناصر الطبيعية غير الحية.

وتتكون عناصر الإنتاج من النباتات الخضراء بكل أنواعها، من الطحالب الخضراء إلى الأشجار الضخمة المختلفة.

وتملك هذه النباتات القدرة على إنتاج غذائها بنفسها، فهي تمتص غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء، وتمتص الماء من التربة عن طريق جذورها، وتصنع منهما معا في وجود مادة الكلوروفيل وتحت تأثير أشعة الشمس، جميع أنواع المركبات العضوية التي تحتاجها، والتي تبني منها أجسامها مثل: المواد الكربوهدراتية والدهون والبروتينات وما إليها.

وتعطي هذه الخاصية لهذه النباتات نوعا من الاستقلال عن كل ما حولها من كائنات، ولكنها مع ذلك لا تستطيع أن تستغني عن اعتمادها على العناصر الطبيعية غير الحية.

أما عناصر الاستهلاك فهي تتكون من الحيوانات بأنواعها المختلفة، ولا تستطيع هذه الحيوانات أن تعد غذاءها بنفسها، ولكنها تعتمد على غيرها في إعداد هذا الغذاء، فيتغذى بعضها بالنباتات والأعشاب، ويتغذى بعضها الآخر من آكلات اللحوم بغيره من الحيوانات، وفي كلتا الحالتين تقوم هذه الحيوانات باستهلاك ما تنتجه عناصر الإنتاج.

وتشتمل عناصر التحلل على كل ما يتسبب في تحلل، أو تلف مكونات البيئة الطبيعية المحيطة بها.

ومن أمثلة هذه العناصر: البكتيريا، والفطريات، وبعض أنواع الحشرات التي تشترك في تحليل أجسام النباتات والحيوانات الميتة.

وتساعد عناصر التحلل على إعادة جزء من المادة إلى التربة لتستفيد منها عناصر الإنتاج، وتستخدمها مرة أخرى في تكوين الغذاء، وبذلك تتكرر هذه الدورة مرة أخرى.

أما العناصر الطبيعية غير الحية فهي تشتمل على الماء والهواء بما فيهما من غازات الأكسجين والنتروجين وثاني أكسيد الكربون، وعلى ضوء الشمس بإشعاعاتها المختلفة الحرارية وفوق البنفسجية، وبعض المواد المعدنية الموجودة في التربة، وبعض الأجزاء المتحللة من أجساد النباتات والحيوانات، وهي تدخل بصورة أو بأخرى في عمليات التوازن البيئي المختلفة، وتشكل

عاملا هاما بالنسبة لمختلف عناصر الإنتاج.

وتوجد مثل هذه الأنظمة البيئية المتوازنة حولنا في كل مكان، ومن أمثلتها: البحيرات، والغابات، والبحار، فكل منها يمثل بيئة منفصلة قائمة بذاتها تعيش مكوناتها معا في توازن تام.

وعادة ما يؤدي تغير الظروف المحيطة بإحدى هذه البيئات إلى حدوث تغير ما في الشكل العام لهذه البيئة، ولكن البيئة التي تحتوي على عدد متنوع من النباتات والحيوانات تستطيع عادة أن تقاوم مثل هذه التغيرات في حدود معينة، فلو أن أحد عناصر هذه البيئة ضعف، أو أصابه الاضمحلال نتيجة ظروف طارئة فإن الأنواع الأخرى أو العناصر الأخرى الموجودة في هذه البيئة ستستمر في مهمتها، وتعمل على تعويض هذا النقص الطارئ من توازن البيئة.

والتوازن القائم بين مختلف عناصر البيئة توازن دقيق، ويمكن ملاحظته في كثير من الأشياء التي تقع حولنا. ويمكن أن نرى ذلك التوازن في دورة الكربون، فيقوم النبات بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون من الهواء، ويستخدمه في صنع ما يحتاجه من غذاء، ويطلق في هذه العملية غاز الأكسجين كناتج ثانوي، وتقوم عناصر الاستهلاك باستخدام غاز الأكسجين في عملياتها الحيوية، وفي الحصول على الطاقة اللازمة، وتطلق بدورها غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الهواء لتستخدمه بعد ذلك عناصر الإنتاج مرة أخرى. كذلك يوجد مثل هذا التوازن في دورة النتروجين، فيقوم بعض البكتيريا بتثبيت غاز النتروجين الموجود في الجو، ويحوله إلى نترات.

وتقوم بكتيريا التحلل كذلك بعمل مماثل، فهي تحلل أجساد النباتات والحيوانات الميتة، وبعض الفضلات الأخرى إلى أملاح النشادر ثم إلى النترات، وتستخدم النباتات هذه النترات، بعد أن تمتصها من التربة، لتصنع منها البروتينات وغيرها من المركبات.

وعندما تموت هذه النباتات والحيوانات تقوم أنواع أخرى من البكتيريا بتحليل أجسادها وينطلق منها النتروجين إلى الهواء لتعود الدورة مرة أخرى.

ونحن نلحظ مثل هذا التوازن في كثير مما حولنا من أشياء، فالماء العذب يوجد جزء كبير منه على هيئة جليد يغطي قمم الجبال العالية، ويغطي المناطق القطبية الشمالية والجنوبية.

ولو أن هذا الجليد انصهر بأكمله لارتفع سطح مياه البحار بنحو 50 مترا عن ارتفاعه الحالي، ولأدى ذلك إلى إغراق شواطئ القارات وكثيرا من المدن، ويتبين لنا من ذلك أن وجود جليد القطبين يمثل جزءا هاما من التوازن الطبيعي للبيئة، ويعد وجوده لازما للحفاظ على حياة الإنسان على سطح الأرض.

ويبدو هذا التوازن كذلك في تحول بعض مياه البحار إلى مياه عذبة، فإن عمليات البخر، والتكاثف، وهطول الأمطار تعتمد على كثير من العوامل مثل: درجة الحرارة، والضغط الجوي، وسرعة الرياح، وتسرب الماء في التربة المسامية إلى المياه الجوفية، وعودتها إلى الأنهار أو امتصاص جذور النباتات لها. وتعتمد كل هذه العناصر بعضها على بعض، ويقوم بينها توازن دقيق، فلو تغيرت درجة الحرارة قليلا، أو لو استنزفت المياه الجوفية بسرعة أكبر من السرعة التي تتسرب فيها مياه الأمطار إلى التربة، لنضبت هذه المياه، ولاختل هذا التوازن اختلالا تاما.

ويوجد توازن مماثل في مملكة الحيوان، وقد افترض أنه لو بدأ أحد الأفيال في الإنجاب وعمره ثلاثون عاما، وعاش هذا الفيل حتى سن التسعين بعد أن أنجب ستة أفيال، فإنه بعد مضي 740 عاما فقط سيكون هناك ما يقرب من عدة ملايين من الأفيال نتجت كلها من الزوج الأول للأفيال.

ومن الطبيعي أن هذه الزيادة الهائلة في أعداد الحيوانات لا تحدث في الطبيعة، فلا تزداد الحيوانات ولا النباتات بطريقة المتواليات الهندسية، ولكن تكاثرها يعتمد على كثير من العوامل الطبيعية، مثل: تقلبات الجو، ونقص الطعام، وانتشار بعض الأمراض، بالإضافة إلى الشعور الطبيعي الذي يوجد لدى بعض الحيوانات، ويجعلها تمتنع من الإنجاب عندما تشعر بزيادة أعدادها، وتدخل كل هذه العوامل ضمن عوامل التوازن الطبيعي للبيئة.

ويمثل الإنسان أحد العوامل الهامة في هذا النظام البيئي، بل هو يعتبر من أهم عناصر الاستهلاك التي تعيش على سطح الأرض، ولذلك فان الإنسان إذا تدخل في هذا التوازن الطبيعي دون وعي أو تفكير أفسد هذا التوازن تماما. وقد نشأ الإنسان الأول في بيئة طبيعية كانت مواردها تزيد كثيرا على ما يتطلبه من احتياجات، وعندما كان الإنسان يعيش على الصيد،

كان هناك نوع من التعاون بينه وبين بقية العناصر الأخرى للبيئة، ولم يكن تأثيره واضحا في البيئة المحيطة به.

ومنذ أن اكتشف الإنسان النار وتعلم الزراعة، بدأ يتحكم في البيئة المحيطة به، فابتدع أنظمة جديدة للري، وأقام القناطر والسدود على الأنهار للتحكم في سريان مياهها.

وعندما استطاع الإنسان أن يدخل الآلات في الزراعة، وفي إنتاج المحاصيل، بدأ يسيطر على عناصر الطبيعة بشكل أكبر، فقد كان يدير هذه العناصر لمصلحته الخاصة، وكان يزرع المحاصيل ليأكلها هو، ويربي الماشية والأبقار ليأخذ منها اللحم واللبن، وبذلك أصبح الإنسان هو أهم عنصر من عناصر الاستهلاك،واختفت تقريبا أدوار بقية عناصر البيئة الأخرى خلف أنشطة الإنسان الهائلة.

والبيئة الزراعية الحديثة التي ابتدعها الإنسان بيئة هشة وضعيفة إلى حد كبير، فمن دون العناية الدائمة بالأرض الزراعية تفسد الحقول، وتتلف المحاصيل، وتتحول الحقول تدريجيا إلى أراض مليئة بالحشائش والأعشاب، وقد تنمو بها بعض الشجيرات، وتتحول إلى غابات على المدى الطويل. كذلك قد يؤدي أي تغير طفيف في حالة الجو إلى تلف بعض المحاصيل، وقد يؤدي كذلك إلى تغير طبيعة البيئة الزراعية. وبمرور الزمن زادت معرفة الإنسان ونمت قدراته، وتوصل إلى معرفة كثير من الأسس العلمية، ودخل بذلك في عصر الثورة الصناعية الذي كان له أكبر الأثر في التوازن الطبيعي للبيئة. وقد أحرز الإنسان كثيرا من التقدم في أغلب المجالات، ففي مجال الصحة ارتفع متوسط الأعمار بين الكبار، وتناقصت الوفيات بين الأطفال، وترتب على ذلك أن ازداد عدد سكان الأرض عاما بعد عام حتى وصلنا إلى الحالة التي نمر بها الآن، والتي نطلق عليها اسم الانفجار السكاني. فقد وصل تعداد البشر اليوم إلى نحو 5000 مليون نسمة، وينتظر أن يصل هذا التعداد إلى نحو 6400 مليون نسمة في أوائل القرن القادم.

وقد صحب هذا التزايد الهائل في أعداد السكان طلبا متزايدا على الغذاء، وألقى عبئا كبيرا على الموارد الطبيعية التي تتوفر في البيئة المحيطة بالإنسان.

والزيادة الكبيرة في أعداد السكان تفسد البيئة التي تحيط بها، وتقلل

من صلاحيتها للمعيشة فيها، فتكدس السكان في المدن الكبيرة تنتج منه أضرار كثيرة، فالطرق فيها تمتلئ بشتى أنواع السيارات، وتصبح وسائل النقل فيها أكثر ازدحاما، ويزداد الضغط فيها على محطات القوى، ومحطات تنقية المياه، ومحطات الصرف الصحي، وقد يعجز بعض هذه الأجهزة عن مقابلة احتياجات السكان.

كذلك أدى التقدم الصناعي الهائل الذي صحب الثورة الصناعية إلى إحداث ضغط هائل على كثير من الموارد الطبيعية، خصوصا تلك الموارد غير المتجددة مثل: الفحم، وزيت البترول، وبعض الخامات المعدنية والمياه الجوفية، وهي الموارد الطبيعية التي احتاج تكوينها إلى انقضاء عصور جيولوجية طويلة، ولا يمكن تعويضها في حياة الإنسان.

وقد صحب هذا التقدم الصناعي الهائل الذي أحرزه الإنسان ظهور أصناف جديدة من المواد الكيميائية لم تكن تعرفها البيئة من قبل، فتصاعد بعض الغازات الضارة من مداخن مئات المصانع، ولوثت الهواء، وألقت هذه المصانع بمخلفاتها ونفاياتها الكيميائية السامة في البحيرات وفي الأنهار، وأسرف الناس في استخدام المبيدات الحشرية، والمخصبات الزراعية، وأدى كل ذلك إلى تلوث البيئة بكل صورها، فتلوث الهواء، وتلوث الماء،وتلوثت التربة واستهلكت، وأصبح بعض الأراضي الزراعية غير قادر على الإنتاج.

وعند إضافة كل هذه العوامل إلى العوامل الأخرى المسببة لظاهرة التصحر نجد أن نسبة الأراضي الصحراوية والأراضي القاحلة غير المزروعة تصل إلى نحو 18 مليون ميل مربع من مجموع الأرض اليابسة التي تصلح للزراعة، والتي تقدر بنحو 54 مليونا من الأميال المربعة.

كذلك ازدادت مساحة الأراضي التي جردت من الأحراش والغابات، وزادت أعداد الحيوانات والنباتات التي تنقرض كل عام، كما زادت نسبة الأنهار والبحيرات التي فقدت كل ما بها من كائنات حية، وتحولت إلى مستنقعات.

وقد أصدر معهد «وورلد ووتش» الأمريكي تقريرا جاء فيه أنه إذا لم تبذل جهود جديدة للحيولة دون إفساد البيئة بالتلوث، وبقطع الأشجار، وبتحويل الأرض البكر إلى مزارع غير مخططة، فإن نحو 20٪ من أنواع الكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض قد تنقرض في خلال الثلاثين

عاما القادمة، بواقع عدة مئات من أنواع النبات والحيوان كل يوم.

وتلوث البيئة أصبح ظاهرة نحس بها جميعا، فلم تعد البيئة قادرة على تجديد مواردها الطبيعية، واختل التوازن بين عناصرها المختلفة، ولم تعد هذه العناصر قادرة على تحليل مخلفات الإنسان، أو استهلاك النفايات الناتجة من نشاطاته المختلفة، وأصبح جو المدن ملوثا بالدخان المتصاعد من عادم السيارات، وبالغازات المتصاعدة من مداخن المصانع ومحطات القوى، والتربة الزراعية قد تلوثت نتيجة الاستعمال المكثف للمخصبات الزراعية والمبيدات الحشرية، وحتى أجسام الكائنات الحية لم تخل من هذا التلوث، فكثير منها يختزن في أنسجته الحية نسبة ما من بعض الفلزات الثقيلة.

ولم تسلم المجاري المائية من هذا التلوث، فمياه الأنهار والبحيرات في كثير من الأماكن أصبحت في حالة يرثى لها نتيجة ما يلقى فيها من مخلفات الصناعة ومن فضلات الإنسان، كما أصاب التلوث البحيرات المقفلة والبحار المفتوحة على السواء.

ولا يقتصر التلوث على مناطق بعينها، فالغلاف الجوي متصل، وتدور فيه المواد الملوثة من مكان لآخر، والبحار مفتوحة وتنتقل منها المواد الملوثة بحرية تامة مع تيارات المياه، وبذلك قد ينتقل التلوث من بلد ما إلى بلاد أخرى لا دخل لها فيه، وحتى الطعام الملوث قد ينتقل من دولة إلى أخرى، وقد تنقل التيارات الهوائية والطيور المواد المشعة من مناطق التجارب النووية إلى أماكن أخرى بعيدة، ويتبين من كل ذلك أن البيئة متصلة وتكون وحدة واحدة بالنسبة للإنسان.

ولقد أهمل الإنسان كثيرا في حق نفسه وانشغل تماما بتبريد احتياجاته ومتطلباته، وجرى وراء التكنولوجيا الحديثة بكل قواه دون أن يفطن إلى أنه قد تسبب في الإخلال بالتوازن الطبيعي للبيئة المحيطة به، فساعد بذلك على تلوث الماء والهواء،وأفسد التربة الزراعية، وقضى في بعض الأحيان على مظاهر الحياة في كثير من الأماكن.

وقد أحس كثير من الهيئات بخطورة الحالة التي وصل إليها تلوث البيئة اليوم، ورأت فيه خطرا داهما على الإنسان وعلى جميع الكائنات الحية الأخرى، وأنه سيؤدي إلى حدوث بعض التغيرات الحادة في طبيعة البيئة

المحيطة بنا إذا استمر على هذا المنوال، لأننا إن لم نتخذ موقفا جادا حيال قضية التلوث فقد لا نستطيع بعد ذلك أن نفعل شيئا حيال هذا الخطر الذي يحوم حولنا في كل مكان.

وقد عقدت الجمعية العامة للأمم المتحدة مؤتمرا عالميا لبحث مشاكل البيئة على مستوى العالم في استكهولم في صيف عام 1972،وقد سبق هذا المؤتمر عدة لقاءات تمهيدية كان من بينها اجتماع هام عقد في مدينة فونية بالقرب من جنيف في سويسرا.

ويعتبر هذا الاجتماع إحدى العلامات التاريخية في تطور الحركة الخاصة بالحفاظ على البيئة، وإن كان قد ظهر فيه بعض الاختلافات الجوهرية بين موقف الدول الصناعية وموقف الدول النامية التي تسعى جاهدة لتحسين اقتصادياتها، ورفع مستوى معيشة مواطنيها وتطوير مجتمعاتها.

وكانت وجهة نظر الدول النامية أن المشاكل المطروحة على بساط البحث تعني الدول الصناعية في المقام الأول، لكنها لا تعني بالدرجة نفسها الدول النامية الآخذة بسبيل النمو، وأن القضية المتعلقة بمشاكل البيئة بالصورة التي تطرح بها لا تمثل أولوية أولى بالنسبة للدول التي ما زالت برامج التصنيع فيها تخطو أولى خطواتها.

وقد ترتب على المناقشات التي دارت في هذا اللقاء أن اتسع مفهوم البيئة ليشمل البيئة الاجتماعية إلى جانب البيئة الطبيعية، ورفع لأول مرة الشعار القائل إن الفقر أكبر ملوث للبيئة.

ولا بد من أن تدفعنا الزيادة الهائلة في أعداد السكان على مستوى العالم إلى ابتكار مزيد من التكنولوجيا المتقدمة لسد احتياجات البشر، وإلى استنباط طرائق جديدة لإنتاج الغذاء، وستزداد تبعا لذلك حدة مشكلة التلوث، وستتجاوز هذه المشكلة الحدود السياسية للدول والاعتبارات الجغرافية المحلية.

وبصفة عامة، يجب أن يكون هناك نوعا من التوازن بين توفير الاحتياجات الضرورية والحضارية لكل الأفراد، وبين الثمن الذي يجب أن ندفعه في هذا السبيل على هيئة تلوث الهواء، والماء، واستنزاف التربة الذي يصاحب التقدم الصناعي والحضاري للإنسان.

وقد أدت المدنية الحديثة إلى حدوث تغييرات كبيرة في البيئة المحيطة

بالإنسان، وتميز كثير من هذه التغييرات بعدم قابليته للانعكاس، وبذلك خرج عن مسار التوازن البيئي المطلوب.

ومن أمثلة هذه التغييرات الضخمة التي أحدثها الإنسان في البيئة الطبيعية تلك الأنظمة الحديثة التي ابتكرها، والتي انتشرت في كل مكان: وهي المدن الكبيرة الضخمة التي تكتظ بالسكان.

وهذه الأنظمة الجديدة، أو المدن، أنظمة شديدة التخصص، معقدة التركيب، تختلف كثيرا عن البيئة الطبيعية المحيطة بها، ولذلك نجد أن هذه الأنظمة ضعيفة البنيان وغير متوازنة، بل هي أنظمة هشة كثيرة العلل والأمراض، وتحيط بها المشاكل من كل جانب.

والتلوث كلمة ذات معنى عام، وهي تعني ظهور شيء ما في مكان غير مناسب، ولا يكون مرغوبا فيه في هذا المكان. وقد يكون الشيء مرغوبا فيه لذا وجد في مكان آخر، فزيت البترول مثلا شيء نافع ومرغوب فيه عندما يستخرج من باطن الأرض، وتستعمل مقطراته وقودا في محركات السيارات، إلا أنه عندما ينتشر على سطح مياه البحر، أو يظهر على رمال الشواطئ فإنه يعتبر شيئا غير مرغوب فيه وضارا بصحة الإنسان.

كذلك يعتبر المبيد الحشري د. د. ت. مفيدا عند استعماله في إبادة البعوض أو غيره من الحشرات، ولا شك أنه قد ساعد بصورة غير مباشرة على إنقاذ حياة كثير من الناس، ولكن عند الإسراف في استخدام هذا المبيد إلى حد أن يبدأ في التجمع في أجسام الطيور والأسماك وغيرها من حيوانات الصيد، فإنه يصبح شيئا غير مرغوب فيه ومادة ملوثة تسبب كثيرا من الأضرار.

ويبدو من هذا التعريف أنه استهدف المصالح المباشرة للإنسان، وأثر مثل هذا التلوث المباشر في راحته وصحته، ولكن التعريف الحديث للتلوث أوسع من ذلك كثيرا، فهو يشمل كل ما يؤثر في جميع عناصر البيئة بما فيها من نبات وحيوان وإنسان، وكذلك كل ما يؤثر في تركيب العناصر الطبيعية غير الحية مثل: الهواء، والتربة، والبحيرات، والبحار.

وقد صدق من قال: إن الإنسان بدأ حياته على الأرض وهو يحاول أن يحمي نفسه من غوائل الطبيعة، وانتهى به الأمر بعد آلاف السنين وهو يحاول أن يحمي الطبيعة من نفسه.

١ تلوث الهواء

يتكون الغلاف الجوي للكرة الأرضية من خليط من عدة غازات أهمها غاز الأكسجين، وغاز النتروجين، وهما يكونان نحو 21٪ و78٪ من وزن. الهواء على الترتيب، بالإضافة إلى بعض الغازات الأخرى التي توجد بنسبة أقل، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يوجد في الهواء بنسبة 03 , 0٪، وبعض الغازات الخاملة الأخرى مثل: الهليوم، والنيون، والأرجون، والكريبتون، التي توجد في الغلاف الجوي للأرض بنسب ضئيلة جدا.

وخليط الهواء بتركيبه السابق حيوي جدا بالنسبة لجميع الكائنات الحية، فتحتاج النباتات إلى كل من غازي ثاني أكسيد الكربون والنتروجين في صنع غذائها واستكمال نموها، بينما تحتاج كل الكائنات الحية بجميع أنواعها إلى غاز الأكسجين لأداء وظائفها الحيوية.

ويحتاج الإنسان العادي إلى قدر كبير من الهواء كل يوم، فهو يتنفس حوالي 22000 مرة في اليوم الواحد في حالة السكون، وتزيد مرات التنفس على ذلك كثيرا عند الحركة وبذل المجهود، أو عند ممارسة الألعاب الرياضية.

ويحتاج الإنسان عادة إلى قدر من الهواء يصل

إلى نحو 15000 لتر كل يوم، ويبلغ وزن هذا الهواء نحو ستة عشر كيلوجراما، وهي كمية تفوق كل ما يستهلكه الإنسان من الماء والغذاء في اليوم الواحد.

ويعتبر الهواء ملوثا إذا حدث تغير كبير في تركيبه لسبب من الأسباب، أو إذا اختلط به بعض الشوائب أو الغازات الأخرى بقدر يضر بحياة الكائنات التي تستنشق هذا الهواء وتعيش عليه.

وتتعدد أشكال المواد المسببة لتلوث الهواء، وهي قد تدخل جسم الإنسان عن طريق الجهاز التنفسي فتصل إلى الدم مباشرة، أوقد تدخل إلى الجسم عن طريق مسام الجلد، أو عن طريق الجهاز الهضمي مع الأغذية والمشروبات الملوثة.

وأغلب العوامل المسببة لتلوث الهواء عوامل مستحدثة من صنع الإنسان، ولم تنشأ هذه العوامل في يوم وليلة، ولكنها بدأت في الظهور منذ أن ابتكر الإنسان الآلة واستخدمها في كل مناحي الحياة.

وقد ظلت هذه العوامل تتزايد يوما بعد يوم مع زيادة التقدم العلمي للإنسان، ونتيجة أخذه بالأساليب الصناعية والتكنولوجية الحديثة، وظل أثر هذه العوامل يتراكم على مر السنين دون أن يلحظه أحد، حتى ظهر أثرها واضحا أخيرا في النصف الثاني من القرن العشرين، حين شعر الإنسان بخطرها على حياته، وفطن إلى أثرها المدمر في البيئة المحيطة به.

وقد صاحب التقدم الصناعي للإنسان استخدام كميات هائلة من مختلف أنواع الوقود مثل: الفحم، وبعض مقطرات زيت البترول، والغاز الطبيعي.

وعند إحراق هذا الوقود في محطات القوى، أو في المصانع، أو في محركات السيارات تنتج منه كميات هائلة من الغازات التي تتصاعد إلى الهواء على هيئة دخان محمل بالرماد، وبكثير من الشوائب.

وتنتشر هذه الغازات في جو المدن، وفي جو المناطق المحيطة بالمنشآت الصناعية، وغالبا ما تحمل الرياح هذه الغازات إلى مناطق أخرى بعيدة كل البعد عن هذه المنشآت لتسقط عليها على هيئة أمطار حمضية كما سنرى فيما بعد.

ويقاس التقدم التكنولوجي للأمم عادة بقياس كمية الطاقة التي يستهلكها كل فرد من أفراد هذه الأمم، سواء كانت هذه الطاقة مستخدمة في إنتاج

البخار أو في توليد الكهرباء، أو طاقة مستغلة في آلات الاحتراق الداخلي، وعادة ما تؤخذ الزيادة في استهلاك الطاقة لدولة ما على أنها إحدى الدلائل الواضحة على تقدم هذه الدولة ورفعة شأنها.

وعندما نأخذ في الاعتبار التلوث الذي ينشأ عن إحراق هذا الوقود عند استخدامه في إنتاج الطاقة، وكذلك التلوث الذي قد ينشأ عن استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء، فإنه من وجهة نظر التلوث تعتبر هذه الزيادة في استهلاك الطاقة، في دولة من الدول، دليلا على زيادة مساهمة هذه الدولة في تلوث البيئة بشكل عام.

وتتعدد أنواع الغازات والشوائب التي تتصاعد إلى الهواء نتيجة إحراق الوقود في المصانع، ومحطات القوى، وفي محركات السيارات، ولكن أهم هذه الغازات هي غازات ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وبعض أكاسيد النتروجين بالإضافة إلى بعض الشوائب المحملة بأبخرة بعض الفلزات الثقيلة مثل الرصاص.

2 تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون

يتكون غاز ثاني أكسيد الكربون عند احتراق أي مادة عضوية في الهواء، ولا يختلف في ذلك الخشب أو الورق عن الفحم أو زيت البترول.

ونظرا لأن غاز ثاني أكسيد الكربون من المكونات الطبيعية للهواء، فإننا لا نشعر به عادة ولا نحس بآثاره الضارة في الحال، بل يعتقد بعض الناس أن هذا الغاز مركب بريء لا علاقة له بمشكلة تلوث الهواء، ولا صلة له بالأضرار الناجمة عن هذا التلوث.

ومن الملاحظ أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض قد ارتفعت قليلا في السنوات الأخيرة عن نسبته التي سبق قياسها في بداية هذا القرن.

ويرجع السبب في هذه الزيادة إلى تلك الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها المنشآت الصناعية، ومحطات الوقود، ومحركات الاحتراق الداخلي في وسائل النقل والمواصلات، ومن المعروف أن كل جرام من المادة العضولة، المحتوية على الكربون، تعطي عند احتراقها من 5,1-3 جرامات من غاز ثاني

أكسيد الكربون. وإذا تصورنا أن هناك عدة مليارات من الأطنان من الوقود تحرق في الهواء كل عام عرفنا أننا نضيف إلى الهواء كل عام نحو 20 مليار طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، وهي تمثل نحو 7, 0٪ من كمية هذا الغاز الموجود طبيعيا في الهواء.

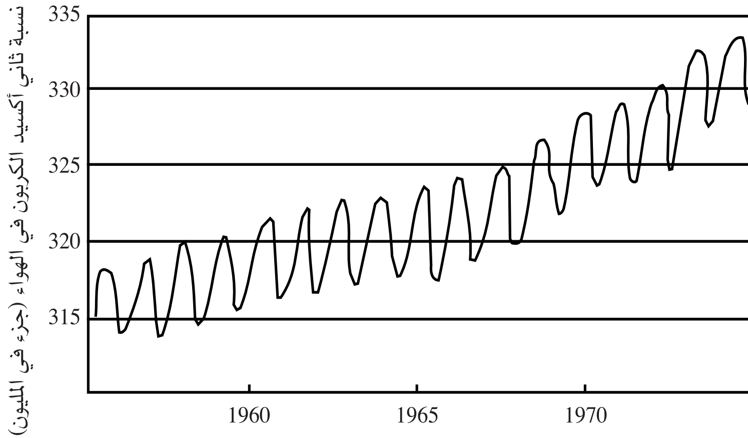
ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود والمتصاعد إلى الهواء واحدا من أهم التعديلات التي أدخلها الإنسان على البيئة المحيطة به، وبذلك يكون الإنسان قد تدخل بشكل واضح في عملية الاتزان المعقدة القائمة بين الهواء والبحر والكائنات الحية.

وتتلخص عملية الاتزان الطبيعية القائمة بين الهواء والماء والكائنات الحية بالنسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون في أن جزءا كبيرا من هذا الغاز يذوب في مياه البحار، وقد تبين من بعض التجارب التي قام بها بعض العلماء مثل: «بروكر» (W. S. Broacher) (مرجع رقم 1)، و«سيجنثالر» (U. Siegenthaler) (مرجع رقم 2) التي استعمل فيها الكربون-14، وهو نظير مشع لعنصر الكربون المعتاد، أن قدرا كبيرا من غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق في الهواء يمتص بواسطة مياه البحار، وقد تبلغ هذه الكمية الذائبة نحو نصف كمية الغاز المنطلق إلى الهواء في بعض الحالات.

كذلك تبين من بعض الدراسات والبحوث التي تمت في محطة للبحوث في «مونا-لوا» (Mauna-Loa) المقامة في هاواي، والتي أجريت في الفترة (1958-1974)، أن النباتات تساهم مساهمة فعالة في امتصاص جزء كبير من غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق في الهواء لاستخدامه في بناء أجسامها، وفي تكوين ما تحتاجه من مواد عضوية (مرجع رقم 3).

وقد وضحت هذه التجارب أن هناك تغيرا دوريا في نسبة ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء من فصل لآخر، فتقل نسبة هذا الغاز إلى حد ما في فصل الربيع، وهو الفصل الذي تنشط فيه عمليات نمو النباتات، وتزداد نسبة هذا الغاز في فصل الشتاء عندما تصل قيمة عمليات التخليق الضوئي في النباتات إلى أقل قيمة لها، (شكل 1).

وتدل هذه التجارب على أن إزالة الغابات في بعض الأماكن، كما في البرازيل وبعض مناطق أفريقيا، تساعد بشكل ظاهر على زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء.



شكل (1)

التغير في تركيز غاز ثاني اوكسيد الكربون في الهواء

حول محطة «مونا-لوا» بهاواي في الفترة (1958-1974) بتغير الفصول،فتقل نسبة الغاز في الهواء في فصل الربيع لزيادة عمليات التخليق الضوئي في النباتات، وتقل النسبة في فصل الشتاء(مرجع رقم 4). ويلاحظ أن هناك زيادة في تركيز الغاز من سنة إلى أخرى.

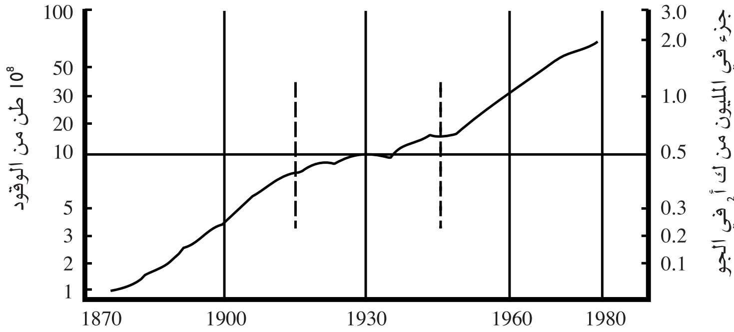
وعندما يذوب غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء يعطي حمضا ضعيفا يعرف باسم حمض الكربونيك. ويتفاعل هذا الحمض مع بعض المكونات القلوية لقشرة الأرض ؛ كما يتفاعل مع بعض الرواسب الموجودة في قيعان البحار مكونا مركبات بسيطة مثل: بيكربونات وكربونات الكلسيوم وغيرهما.

وقد أخل التقدم التكنولوجي للإنسان بهذا التوازن الطبيعي إلى حد كبير، فلم تعد هذه العمليات السابقة مجتمعة بقادرة على التخلص من الزيادة الهائلة في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة من الإسراف الشديد في إحراق الوقود، والتي ينتج منها كل عام مليارات من الأطنان من هذا الغاز.

وقد قام فريق بحثي برئاسة عالم يدعى (C. F. Baes) (مرجع رقم 4) بمتابعة الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء في السنوات الأخيرة، ومقارنتها بنسبة هذا إلغاز في الهواء منذ بداية الثورة الصناعية، أي منذ عام 1870.

وقد تبين من هذه الدراسة أن هناك زيادة مطردة في نسبة ثاني أكسيد

الكربون في الهواء بمرور السنين (شكل 2) نتيجة الزيادة المطردة في إحراق الوقود، ويلاحظ أن نسبة هذا الغاز في الهواء لم تزد كثيرا في المدة (1914-1945)، وهي نتيجة منطقية، لأن هذه المدة كانت فترة الكساد الاقتصادي في الدول الصناعية.



شكل (2)

منحنى يبين تزايد كمية غاز ثاني اوكسيد الكربون في الجو نتيجة حرق الوقود منذ بداية الثورة الصناعية، ويلاحظ أن نسبة هذا الغاز لم ترتفع كثيرا في المدة (1914-1945)، وهي فترة الكساد الاقتصادي، (مرجع رقم 4)

وهناك تقديرات مختلفة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، ونحن نعبر عنها بنسبة 0,03٪، أو ثلاثة أجزاء في العشرة آلاف، أو 300 جزء في المليون، ويفيد بعض هذه التقديرات (مرجع 5) أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء كانت 260 جزءا في المليون في نهاية القرن الثامن عشر، ارتفعت إلى 290 جزءا في المليون، ثم إلى 315 جزءا في المليون في نهاية عام 1958، ثم زادت إلى345 جزءا في المليون في نهاية عام 1984.

وهناك من يعتقدون أنه إذا استمر إحراق الوقود وإزالة الغابات بالشكل الحالي فإن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء ستصل إلى الضعف تقريبا في أوائل القرن القادم، حوالي عام 2020 (مرجع 4).

وعلى الرغم من أننا لا نحس بوجود غاز ثاني أكسيد الكربون إلا أن زيادة تركيز هذا الغاز في الهواء تؤدي إلى حدوث ظاهرة خاصة تعرف باسم ظاهرة الصوبة الزجاجية، نسبة إلى تلك الصوبة الزجاجية التي يزرع

بها بعض النباتات في البلاد الباردة.

وغاز ثاني أكسيد الكربون شفاف تماما بالنسبة للضوء المرئي، وكذلك بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية، ولذلك يمر فيه ضوء الشمس بسهولة تامة ليصل إلى سطح الأرض. وعندما ترتفع درجة حرارة سطح الأرض، تحت وطأة أشعة الشمس، ينبعث من هذا السطح بعض الإشعاعات الحرارية ليمر خلال الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي.

ونظرا لأن هذه الإشعاعات الحرارية تكون موجاتها أطول من موجات الضوء المرئي المعتاد، ويقع أغلبها في نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة، فإن هذه الإشعاعات لا تستطيع أن تمر في غاز ثاني أكسيد الكربون، بل تقوم جزيئات هذا الغاز بامتصاصها.

ويترتب على ذلك أن غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء يقوم بحجز جزء من الطاقة الحرارية المنبعثة من سطح الأرض، ويحتفظ بها في داخل الغلاف الجوي، ويمنع بذلك تبدد حرارة الأرض في الفضاء. ونظرا لأن درجة حرارة سطح الأرض هي محصلة لاتزان دقيق بين مقدار ما يقع على هذا السطح من أشعة الشمس ومقدار ما ينعكس منها، ويتشتت في الفضاء،فإن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو تؤدي إلى امتصاص زيادة من الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها، تؤدي بالتالي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن معدلها الطبيعي.

وقد لا يؤدي ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعا بسيطا إلى حدوث تغيرات ملموسة في أول الأمر، ولكن استمرار الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو الناتجة من الزيادة المضطردة في إحراق الوقود ستؤدي على المدى الطويل إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الغلاف الجوي الملاصقة للأرض بشكل ملحوظ.

وقد أذاعت أكاديمية العلوم الأمريكية عام 1970 تقريرا (مرجع رقم 6) يفيد بأنه من المتوقع أن ترتفع درجة حرارة الجو بمقدار درجتين أو ثلاث درجات في منتصف القرن القادم، أي نحو عام 2050.

ومن المتوقع أن ارتفاع درجة حرارة الجو بهذا الشكل سيؤدي إلى انصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض، وانصهار الجليد المغطي لقمم الجبال في بعض المناطق مما سيؤدي إلى

ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات، والى إغراق كثير من حواف القارات بما عليها من مدن ومنشآت.

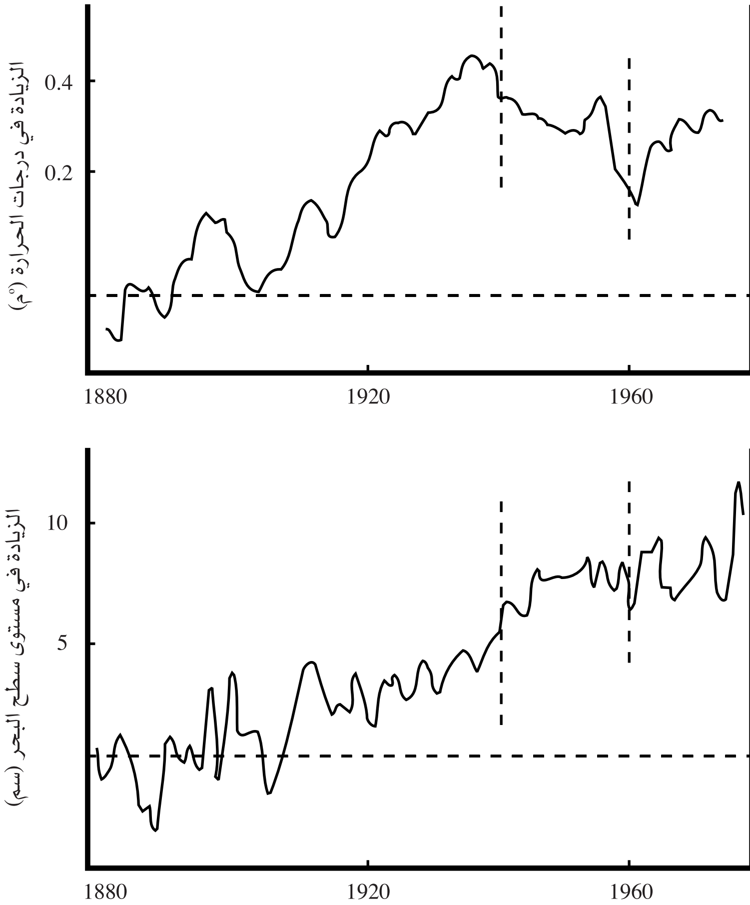
وطبقا للدراسات التي قام بها «جونس» (D. D. Jones) ومعاونوه، والتي نشرها في مجلة (Nature) عام 1986 (مرجع رقم 5) فإن ذلك الانخفاض الطفيف في حرارة الجو الذي لوحظ في بداية القرن السادس عشر، والذي سمي «بالعصر الجليدي الصغير»، Little Ice) قد أنهته تماما تلك الزيادة tاي غاز ثاني أكسيد الكربون التي بدأت خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر، والتي تسببت في رفع درجة حرارة الجو. وهناك بعض العلماء الذين يعتقدون أن الحرارة الناتجة من الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو لا يمكن تعيينها بسهولة لأنها في كثير من الأحيان تتوارى خلف عدم الانتظام المعتاد في درجة حرارة الجو الناتجة من كثير من التغيرات الطبيعية التي تحدث في الجو، (مرجع رقم 7).

وقد تمت دراسة العلاقة بين التغيرات في درجة حرارة جو الأرض ومستوى سطح البحار خلال قرن من الزمان في المدة من عام 1880 إلى عام 1980، (مرجع رقم 8)، ووضعت القياسات المختلفة على شكل منحنيات، كما في (شكل 3).

ويتضح من هذين المنحنيين أن هناك زيادة تدريجية في مستوى سطح البحر مع ارتفاع درجة حرارة الجو في الفترة من عام 1880 إلى عام 1940 تقريبا. ومن الملاحظ أنه قد حدث بعد ذلك انخفاض نسبي في درجة حرارة الجو في الفترة من عام 1940 إلى عام 1960 تقريبا، ومع ذلك فقد استمر سطح البحر في الارتفاع التدريجي خلال هذه الفترة.

ويرى بعض العلماء أن مثل هذه النتائج قد تلقي ظلالا من الشك على وجود علاقة مباشرة بين ارتفاع درجة حرارة الجو وارتفاع مستوى سطح البحر، ولا بد من أن هناك عوامل أخرى طبيعية، مثل نشاط الشمس، تتدخل في هذه العلاقة بصورة أو بأخرى.

ويمكننا أن نستخلص من كل هذه الدراسات أن هناك زيادة مضطردة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، ويتسبب ذلك في زيادة درجة حرارة جو الأرض بشكل واضح، وقد يكون له أثر ملموس وخطير في السنوات القليلة القادمة، وقد ينتج من ذلك انصهار جليد القطبين وارتفاع



شكل (3)

منحنيات تبين العلاقة بين ارتفاع درجة حرارة جو الأرض وارتفاع مستوى سطح البحر في خلال قرن من الزمان منذ عام 1880حتى عام 1980،(مرجع رقم 8). ويلاحظ أن هناك زيادة تدريجية في مستوى سطح البحر بزيادة درجة حرارة الجو، ومع ذلك فقد استمرت الزيادة في مستوى سطح البحر في لفترة (1940-1960) رغم انخفاض درجة حرارة الجو نسبيا في هذه الفترة.

مستوى سطح البحر بشكل كبير يؤدي إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي، وقد يغير التركيب الطبيعي لسطح الأرض، ويسبب ضررا بالغا للإنسان وحضارته لا يمكن إصلاحه إلى الأبد.

3 تلوث الهواء بثاني أكسيد الكبريت وبأكاسيد النتروجين وأول أكسيد الكربون

يحتوي أغلب أنواع الوقود، مثل: الفحم، وزيت البترول، على نسبة ما من مركبات الكبريت في تكوينها، وعند إحراق هذا الوقود يتأكسد ما به من كبريت إلى ثاني أكسيد الكبريت الذي ينطلق في الهواء مصاحبا غاز ثاني أكسيد الكربون.

وينتج هذا الغاز أيضا كناتج ثانوي في بعض الصناعات التي تتعلق باستخلاص بعض الفلزات من خاماتها، مثل عمليات استخلاص فلز النحاس من خامة كبريتيد النحاس، وتساهم هذه العمليات في إنتاج قدر وفير من هذا الغاز.

ويشترك بعض المصادر الطبيعية في إطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء مثل البراكين، ومثال ذلك بركان «إتنا» (Etna)، وهو البركان الوحيد من هذا النوع في أوروبا الذي يطلق كل عام من غاز ثاني أكسيد الكبريت ما يعادل نحو مليوني طن من حمض الكبريتيك في الهواء.

وغاز ثاني أكسيد الكبريتيك غاز حمضي أكال،

ولذلك فهو يعد من اخطر عناصر تلوث الهواء فوق المدن، وحول محطات القوى والمنشآت الصناعية.

ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد العناصر الرئيسة التي تسبب ظاهرة الأمطار الحمضية التي تتساقط أحيانا على بعض المناطق في كثير من الدول. ويتحد هذا الغاز تحت بعض الظروف الخاصة بأكسجين الهواء معطيا غازا آخر يعرف باسم ثالث أكسيد الكبريت، وعندما يذوب هذا الغاز في بخار الماء الموجود في الهواء يعطي حمضا قويا يعرف باسم حمض الكبريتيك.

وينتشر هذا الحمض في الهواء ويبقى معلقا فيه على هيئة رذاذ دقيق يشبه الايروسول، ثم يتساقط بعد ذلك على سطح الأرض مع مياه الأمطار ومع الجليد، فيلوث التربة، ويلوث المجاري المائية مثل الأنهار والبحيرات، ويؤدي إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي، ويضر بحياة مختلف الكائنات الحية بما فيها الإنسان.

وتتسبب زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء في حدوث أضرار أخرى، فقد يؤدي ذلك إلى تآكل أحجار المباني والتماثيل، ويساعد على سرعة صدأ المعادن عندما يختلط هذا الغاز بالضباب الدخاني فوق المدن فإنه يسبب أضرارا بالغة لسكان هذه المدن، وقد يؤدي إلى وفاة المصابين منهم بأمراض الجهاز التنفسي.

ونظرا لخطورة هذا الغاز على صحة الإنسان، وأثره الضار في مختلف عناصر البيئة، فقد استن بعض الدول تشريعات خاصة تحدد فيها نسبة الكبريت المسموح بها في مختلف أنواع الوقود من الفحم إلى المازوت إلى الجازولين، وذلك لتخفيض نسبة هذا الغاز التي تتصاعد يوميا، دون انقطاع، إلى الهواء عند إحراق الوقود.

أما بالنسبة لأكاسيد النتروجين فلم تكن هذه الأكاسيد تلقى اهتماما كبيرا حتى عهد قريب. وتتكون أكاسيد النتروجين عند اتحاد غاز النتروجين بالأكسجين، وهي توجد على عدة أشكال أهمها أكسيد النتريك (NO)، وثاني أكسيد النتروجين (NO_2).

ويحتوي أغلب أنواع الوقود على نسبة صغيرة من المركبات العضوية المحتوية على النتروجين، وعند إحراق هذه الأنواع مثل: الفحم، أو المازوت

في محطات القوى وغيرها من المنشآت الصناعية ينتج بعض هذه الأكاسيد، كما يتكون أكسيد النتريك من إحراق بعض مقطرات البترول مثل: السولار والجازولين في محركات السيارات والشاحنات.

وتشترك أكاسيد النتروجين مع غاز ثاني أكسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحمضية، وذلك لأن أكاسيد النتروجين سهلة الذوبان في الماء، وهي تمتزج ببخار الماء المنتشر في الجو لتعطي حمضا قويا هو حمض النتريك.

ويعتقد كثير من الناس أن تلوث الهواء ينحصر فقط في الطبقات الدنيا من الغلاف الجوي، وهي الطبقات الملاصقة لسطح الأرض، ولكن هذا الافتراض غير حقيقي، فالهواء خليط من الغازات دائبة الحركة، ويوجد في داخله كثير من التيارات الصاعدة والهابطة التي تؤدي إلى امتزاج طبقات الهواء في حدود معينة.

ويسدل على ذلك من وجود بعض حبوب اللقاح في عينات الهواء التي أخذت من ارتفاعات شاهقة، ومن الطبقات العليا للغلاف الجوي. ولابد من أن تكون تيارات الهواء الصاعدة قد حملت هذه الحبوب إلى تلك الطبقات. ويحدث مثل هذا الانتشار كذلك بالنسبة لأكاسيد النتروجين، وعندما تصل هذه الأكاسيد إلى طبقة الأوزون الموجودة في طبقات الجو العليا، والتي تحمي سطح الأرض من غوائل الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، فإنها تحدث كثيرا من الضرر لهذه الطبقة، وتؤدي إلى تفكك الأوزون، وسيأتي ذكر ذلك عندما نتكلم عن أثر تلوث الهواء في طبقة الأوزون.

وهناك نوع ثالث من الغازات التي تشترك في تلوث الهواء، وهو غاز أول أكسيد الكربون. ويتكون هذا الغاز نتيجة الأكسدة غير الكاملة للوقود، خصوصا في محركات السيارات. وعلى الرغم من أن نسبة هذا الغاز تقل كثيرا عن نسبة ثاني أكسيد الكربون إلا أنه يتصف بسميته الشديدة، ويعتبر من أخطر الغازات على صحة الإنسان، فهو يكون مع الدم مركبا صلبا يقلل من كفاءة الدم في نقل الأكسجين. وعندما تزيد كميته قليلا فقد يتسبب في انسداد الأوعية الدموية محدثا الوفاة، كذلك يتدخل هذا الغاز في عمل بعض الأنزيمات، ويقلل من كفاءتها.

4 تلوث الهواء بعادم السيارات وبالرصاص

تلوث الهواء في المدن المزدحمة بالسكان ظاهرة نعاني منها جميعا أشد المعاناة هذه الأيام، خصوصا هؤلاء الذين يسكنون الأحياء التي تقع في وسط هذه المدن.

وتبدو هذه الظاهرة أوضح ما تكون في المدن الكبيرة التي يقدر عدد سكانها بالملايين، ويكتظ فيها السكان في رقعة ضيقة من الأرض، وترتفع فيها المباني إلى عنان السماء، وتزدحم بها وسائل النقل والمواصلات، حتى أنه يقال إن تلوث الهواء قد بدأ حقيقة منذ أن سكن الإنسان في هذه التجمعات السكنية الهائلة.

الضباب الدخاني:

تعاني هذه المدن الكبيرة ؟ بصفة أساسية، من ظاهرة فريدة تعرف باسم ظاهرة «الضباب الدخاني» الذي يبقى معلقا في جوها في بعض الأحيان لمدة عدة أيام.

ويعرف الضباب الدخاني في اللغات الأجنبية باسم (smog) وهي كلمة مشتقة من كلمتي (smoke)

«الدخان»، و (Fog) الضباب».

وقد كان من المعتقد أن الغازات المتصاعدة من مداخن المصانع المحيطة بالمدن، وما يعلق بها من دخان ورماد، هي السبب الحقيقي في تلوث هواء هذه المدن، وأن اختلاط هذا الدخان ببخار الماء الموجود في الهواء هو السبب في تكوين هذا الخليط الغريب المسمى الضباب الدخاني الذي يسبب الاختناق في كثير من الأحيان.

ولم يستمر هذا الاعتقاد طويلا بعد أن لوحظ أن بعض المدن الكبيرة، التي لا تحيط بها تجمعات صناعية ذات بال، تعاني كذلك من هذه الظاهرة، وينتشر في جوها الضباب الدخاني في بعض الأحيان.

ومن أمثلة هذه المدن مدينة لوس أنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية، فعلى الرغم من أن هذه المدينة لا توجد فيها تجمعات أو منشآت صناعية تذكر، ولا تحرق إلا القليل من وقود الفحم، أو زيت البترول في منشآتها، إلا أنها كانت من أشهر المدن تعرضا لهذا الضباب الدخاني.

وقد نبهت هذه الحقيقة إلى أن الدخان المتصاعد من مداخن المصانع لم يكن هو السبب الحقيقي في تكوين هذا الضباب الدخاني، وأنه من الممكن أن ينشأ هذا الضباب في جو المدن لأسباب أخرى غير ذلك.

وقد تبين فيما بعد أن الضباب الدخاني الذي يظهر في جو المدن يتكون أساسا نتيجة احتراق الوقود في محركات السيارات ووسائل النقل العامة التي تجوب طرقات هذه المدن، والتي تقدر أعدادها بعشرات الألوف، ولا ينقطع سيلها ليلا أو نهارا.

وعند احتراق الجازولين (البنزين) أو السولار قي محركات السيارات تتأكسد الجزيئات العضوية المكونة للوقود إلى نواتجها النهائية وهي ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء.

ولكن احتراق الوقود في آلات الاحتراق الداخلي لا يكون احتراقا تاما على الدوام، ولذلك فإن غازات العادم التي تتكون من غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء تكون مصحوبة عادة بكمية قليلة من بعض الجزيئات العضوية التي لم تتأكسد أكسدة تامة، بالإضافة إلى قدر صغير من غاز أول أكسيد الكربون وبعض أكاسيد النتروجين.

وينطلق كل هذا الخليط الغازي السام من عشرات الألوف من السيارات

ليملأ طرقات المدينة، وينتشر في أجوائها، ويغلف مساكنها دون أن يرى، ودون أن يلحظه أحد.

وعندما يتعرض هذا الخليط الغازي للأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، يحدث بين مكوناته تفاعل كيميائي غريب لا تعرف طبيعته حتى الآن على وجه التحديد.

وينتج من هذا التفاعل الكيميائي الضوئي تكون الضباب الدخاني الذي يبقى معلقا في الهواء، ويغلف جو المدينة تماما، ويسبب احتقان الأغشية المخاطية، ويدمع العيون، ويثير السعال، وقد يؤدي إلى الاختناق في بعض ا لأحيان.

وهناك كثير من المدن التي عانت من هذا الضباب الدخاني أشد المعاناة، ومدينة لندن واحدة من هذه المدن، فقد كان يتكرر بها ظهور هذا الضباب الدخاني من حين لآخر.

وتعتبر مدينة المكسيك (Mexico City) من أكثر المدن تعرضا للتلوث بهذا الضباب الدخاني، وتصل نسبة غاز أول أكسيد الكربون في هواء هذه المدينة إلى حدود عالية تزيد كثيرا على الحد المسموح بوجوده من هذا الغاز في الهواء.

ويظهر مثل هذا الضباب الدخاني في أجواء كثير من المدن الكبيرة والمزدحمة بالسكان، وبوسائل المواصلات مثل: مدينة نيويورك، ومدينة القاهرة وغيرهما، وحتى مدن أستراليا، التي كان يظن إلى عهد قريب، أنها بعيدة كل البعد عن مصادر تلوث الهواء، وأن أجواءها تعتبر من أنظف أجواء المدن، أصبحت الآن معرضة للإصابة بهذا الداء.

ومثال ذلك مدينة سيدني باستراليا التي أصبح هواؤها ملوثا بغازات العادم الناتجة من حرق الوقود في محركات آلاف السيارات التي تجوب طرقاتها كل ساعة على مدار العام.

وتزداد خطورة هذا الضباب الدخاني كثيرا عند اختلاطه ببعض الغازات السامة الأخرى مثل: ثاني أكسيد الكبريت، أو كبريتيد الهيدروجين، أو بعض أكاسيد النتروجين.

وتشير الإحصائيات الحديثة إلى أن الغازات المنطلقة من عادم السيارات والشاحنات هي العامل الرئيس في تلوث هواء المدن، وهي تصل إلى نمو 60

٪ من حجم عوامل التلوث الأخرى، وبذلك تصبح المدن بوضعها الحالي، وبما فيها من مئات الألوف من السيارات التي تجوب طرقاتها ليلا ونهارا ومن أهم عوامل تلوث البيئة بشكل عام.

التلوث بالرصاص:

درج كثير من الدول على إضافة بعض المواد إلى الجازولين المستعمل وقودا في محركات السيارات، لتحسين صفاته ورفع رقمه الاوكتيني، ولزيادة كفاءة هذه ا لمحركات.

وتعتبر مادة «رابع أثيل الرصاص» (Lead tetraethyl) واحدة من أهم هذه المواد وأكثرها استعمالا لهذا الغرض.

وعندما يحترق الوقود المحتوي على الرصاص في آلات الاحتراق الداخلي يتأكسد الوقود العضوي كالمعتاد إلى ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، ويتأكسد معه كذلك الرصاص الموجود في مركب رابع أثيل الرصاص إلى أكسيد ا لرصاص.

وأكسيد الرصاص مادة جامدة لا تقبل التطاير، ولذلك فهي تترسب ببطء على الجدران الداخلية للمحرك، وعند الاستمرار في استعمال هذا النوع من الجازولين الذي يعرف باسم «الجازولين المرصص» (Leaded Gasoline)، يزداد ترسيب «أكسيد الرصاص مرة بعد أخرى، حتى تتغطى جدران المحرك الداخلية في نهاية الأمر بطبقة جامدة خشنة تفسد المحرك وتجعله غير صالح للعمل.

ولتلافي حدوث هذا الضرر جرت العادة على إضافة مادة كيميائية أخرى إلى هذا النوع من الجازولين، تكون مهمتها التخلص من رواسب الرصاص بتحويل أكسيد الرصاص إلى مادة أخرى متطايرة، يسهل خروجها مع غازات ا لعادم.

وعادة ما تكون هذه المادة الأخيرة مركب هالوجيني مثل مركب «بروميد الأثيلين»، وتتفاعل هذه المادة مع الرصاص الموجود في الجازولين أثناء احتراقه، ويتحول الرصاص بهذا الأسلوب إلى مادة جديدة تعرف باسم «بروميد الرصاص»، وهي مادة متطايرة تخرج بسهولة مع غازات العادم الساخنة، ويمتنع بذلك ترسيب أكسيد الرصاص على الجدران الداخلية

للمحرك.

ويتبين لنا .من ذلك أن هذه المادة التي أضيفت إلى الجازولين المرصص قد ساهمت بشكل فعال في منع تلوث المحركات، ولكنها تسببت بشكل فعال أيضا في تلوث الهواء.

ويعني ذلك أننا قد تمكنا من وقف ترسب الرصاص في داخل محركات السيارات، ولكننا تركناه ليترسب في صدور المواطنين من سكان المدن وسكان المناطق المحيطة بها.

وقد انتشر استعمال هذا النوع من الجازولين المضاف إليه مركب الرصاص في كثير من دول العالم، ولم يفطن أحد فيما مضى إلى الأضرار الناجمة عن تطاير أبخرة مركبات الرصاص في الهواء.

وقد تنبه كثير من الدول حديثا إلى خطورة استخدام هذا النوع من الجازولين المرصص، وذلك بعد أن بينت البحوث التي أجريت في هذا الشأن أن مادة بروميد الرصاص المتطايرة تكون مع الهواء معلقا دقيقا جدا من نوع «الأيروسول» (Aerosol)، بمجرد خروجها من عادم السيارات، ويشبه هذا الأيروسول الضباب إلى حد كبير، ولكنه ضباب تتعلق فيه مادة صلبة في غاز.

وقد تبين أن هذا المعلق يبقى ثانيا في الهواء مدة طويلة، وهو ينتشر في جو المدينة ويدخل إلى المكاتب والمساكن من النوافذ والأبواب، ويتسلل من جميع الفتحات إلى كل مكان.

ويصل تركيز فلز الرصاص في هذا الأيروسول في المدن الكبيرة، التي تزدحم طرقها بالسيارات، إلى حوالي 10-50 ميكروجرام في المتر المكعب من الهواء، والميكروجرام يساوي جزءا من مليون جزء من الجرام. وقد تبدو هذه النسبة لأول وهلة متناهية في الصغر، ولكن نظرا لارتفاع سمية فلز الرصاص وأثره الخطير في صحة وسلامة الكائنات الحية، وقدرة أجسام هذه الكائنات على تركيز هذا الفلز، فإن هذه النسبة الصغيرة تعتبر خطيرة إلى حد كبير، خصوصا وأن سكان المدن يتعرضون لها كل يوم على مدار العام.

ولا يقتصر هذا النوع من التلوث على جو المدن فقط، فقد أصبح منتشرا في كل مكان وإن كان يقل إلى حد ما في المناطق الريفية وغير الآهلة

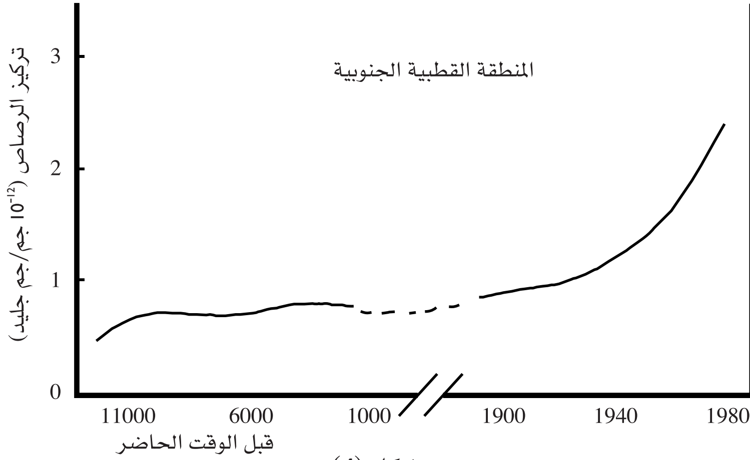
بالسكان.

وهناك بعض المصادر الطبيعية التي تشترك في تلوث الهواء بالرصاص مثل: البراكين، وعوامل التعرية المؤثرة في التربة، وتبخر وتطاير مياه البحار بتأثير الشمس والرياح، (المرجعان رقم 9 و 10)، ولكن الزيادة في نسبة الرصاص في الهواء، خصوصا في نصف الكرة الأرضية الشمالي، ترجع في الأساس إلى النشاط الإنساني المتزايد في هذا الجزء من العالم، وقد تم التوصل إلى هذه الحقيقة نتيجة البحوث التي قام بها العالم «باترسون» (C. Patterson) من معهد كاليفورنيا التكنولوجي بباسادينا بالولايات المتحدة (مراجع رقم 11؛ 12؛ 13).

وقد أجري بعض القياسات لتعيين نسبة الرصاص في جليد جرينلند، وفي جليد القارة القطبية الجنوبية، وذلك باعتبار أن جرينلند تمثل نصف الكرة الشمالي الذي يدور فيه نشاط صناعي هائل، بينما تمثل القارة القطبية الجنوبية نصف الكرة الجنوبي البعيد كل البعد عن أغلب النشاطات الإنسانية. وقد أخذت عينات من الجليد من كل منطقة يبلغ وزن كل منها نحو 25 كيلوجراما، وذلك من أعماق مختلفة تمثل أزمنة مختلفة، وثم تحليل هذه العينات بدقة فائقة لتعيين نسب ما بها من فلزات (مرجع رقم 11).

وقد بينت هذه التحاليل أن الجليد القديم المستخرج من أعماق كبيرة يحتوي على نسبة من الرصاص في كلتا المنطقتين، ولكن نسبة فلز الألومنيوم الموجودة في هذا الجليد كانت تزيد على نسبة الرصاص بنحو مائة مرة، مما يدل على أن هذه النسبة الضئيلة من فلز الرصاص الموجودة في هذا الجليد القديم نتجت من عمليات التعرية الطبيعية سابقة الذكر.

وقد تبين من هذه القياسات أن نسبة الرصاص في الجليد القديم للقارة القطبية الجنوبية كانت نحو $0,4 \times 10^{-12}$ جرام من الرصاص في كل جرام من الجليد، ثم تضاعفت هذه الكمية في عام 1940 إليو $0,9 \times 10^{-12}$، ثم زادت حاليا إلى 2×10^{-12}، وبذلك زادت نسبة الرصاص في جليد القارة القطبية الجنوبية بنحو خمس مرات، (شكل 4) (مرجع رقم 14؛ 15)، أي أن 25٪ من نسبة الرصاص الموجود في جليد هذه المنطقة كان نتيجة العوامل الطبيعية، بينما وجود 80٪ من هذا الرصاص يرجع إلى نشاط الإنسان الصناعي.



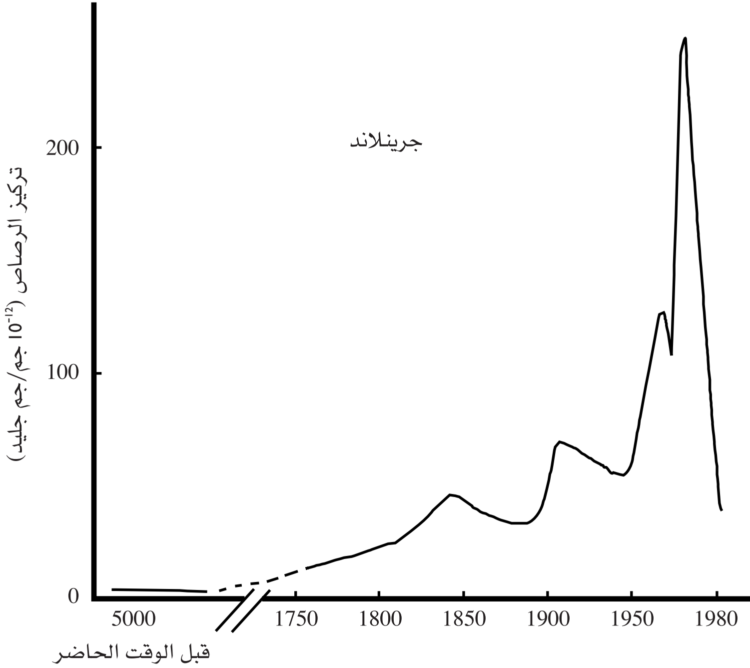
شكل (4)

نسبة الرصاص في جليد القارة القطبية الجنوبية التي زادت من 0,4 x 10^{-12} جم/جم جليد في الجليد القديم الى 2 x 10^{-12} مم/جم جليد عام 1980 (مرجع 14؛ 15).

أما بالنسبة لتركيز الرصاص في جرينلند فقد كانت هذه النسبة في الجليد القديم 1 x 10^{-12} مم رصاص لكل جرام من الجليد، ثم ارتفعت إلى 230 x 10^{-12} في عام 1960، هو ارتفاع هائل يدل على مدى ما يطلقه النشاط الصناعي وعادم السيارات من رصاص في نصف الكرة الأرضية الشمالي، (مرجع رقم 11؛ 14؛ 15) (شكل 5).

ويمكن القول إن 1٪ من تركيز الرصاص الموجود في جليد جرينلند المثلة لنصف الكرة الشمالي من أصول طبيعية نتيجة بعض النشاط البركاني، أو عوامل التعرية، أو مياه البحار، وأن 99 ٪ من هذا التركيز جاء نتيجة النشاط الإنساني في هذا العصر.

وقد صرح حديثا كل من «وولف وبيل» (E. Wolff and D. Peel) وهما من علماء محطة الأبحاث البريطانية بالقطب الجنوبي بان نسبة الرصاص في الجليد المتساقط على جرينلند خلال عامي 1983 و 1984 قد انخفضت إلى 30 x 10^{-12} مم / جم جليد (مرجع رقم 16). وفسر هذا الانخفاض في تركيز الرصاص بأن الولايات المتحدة الأمريكية قد قللت من الاعتماد على الجازولين المحتوي على الرصاص منذ عام 1980، واستبدلت به مواد أخرى لا تسبب ضررا للبيئة (مرجع 17).



شكل (5)

نسبة الرصاص في جليد جرينلاند التي زادت كم 1×10^{-12} /جم جليد في الجليد القديم الى 230×10^{-12} في عام 1960، ثم انخفضت الى 30×10^{-12} في عام 1980 نتيجة حظر استعمال مركبات الرصاص في الجازولين في الولايات المتحدة.

ويتغير تركيز الرصاص في الهواء من مكان لآخر (مرجع رقم 18)، فتجد أن نسبة الرصاص قد تصل إلى نحو 3000×10^{-9} جم من الرصاص في كل متر مكعب من الهواء فوق بعض المدن الكبيرة في الولايات المتحدة وفي أوروبا، وقد تنخفض إلى $50 - 500 \times 10^{-9}$ جم من الرصاص في المتر المكعب فوق بعض المناطق الريفية، وقد تقل هذه النسبة كثيرا في بعض المناطق الأخرى البعيدة عن العمران، فهي تبلغ نحو 1×10^{-9} جم رصاص في المتر المكعب فوق المحيط الهادي، وفوق جبال الهمالايا.

وحتى هذه المناطق المنعزلة قد تزداد فيها نسبة الرصاص عندما يصلها النشاط الإنساني، ومن أمثلة ذلك المنطقة القطبية الجنوبية التي استمرت في حالة انعزال تام لمدة طويلة، فقد حدث فيها تغير كبير عندما وصل

إليها الإنسان. ومن المقدر أن مجمل النشاط الذي قامت به محطة البحوث الأمريكية بالقطب الجنوبي، الذي تضمن استعمال الطائرات والزحافات الميكانيكية، قد أدى إلى استهلاك نحو سبعمائة ألف لتر من الجازولين المرصص عام 1985، وبما أن نسبة الرصاص تبلغ في هذا النوع من الجازولين نحو 0,494 جرام في كل لتر فقد أطلقت هذه الآلات في جو المنطقة القطبية نحو 350 كيلوجراما من الرصاص في عام واحد فقط.

ولاشك في أن هذه النتائج الخاصة بالرصاص تنطبق على كثير من الفلزات الثقيلة الأخرى مثل: الزئبق، والنحاس، والكادميوم، والزرنيخ، والزنك، والسلينيوم التي تتصاعد يوميا من مداخن آلاف المصانع التي تعمل ليلا ونهارا، وهي عناصر شديدة السمية بالنسبة للكائنات الحية وعلى رأسها الإنسان.

وترجع خطورة رقائق الرصاص، ورقائق بعض الفلزات الأخرى المعلقة في جو المدن إلى أنها تنتشر في كل مكان. فنحن نستنشق هذه الرقائق مع كل شهيق. في المنازل، وفي المكاتب، وفي الحدائق العامة والمتنزهات.

ويتضح من ذلك أن استخدام الجازولين المرصص في محركات السيارات هو العامل الأول في تلوث الهواء بالرصاص، وقد تنبه كثير من الدول إلى ذلك فقامت بحظر استعمال هذا النوع من الجازولين، وقامت بإضافة مواد أخرى غير سامة إلى الجازولين بدلا من رابع أثيل الرصاص مثل: بعض الكحولات فيما يعرف باسم «الجازوهول»، أو بعض الهدروكربونات متفرعة السلسلة، وهي مواد تساعد على زيادة الرقم الاوكتيني للجازولين، وترفع من كفاءة محركات السيارات.

وعلى الرغم من أن هذه الأنواع الجديدة من الجازولين قد أفادت في منع تلوث الهواء بالرصاص، إلا أنها مازالت شريكة في تكوين الضباب الدخاني، وفي بعض حالات التلوث الحاد التي تحدث في أجواء بعض المدن.

التلوث حالات التلوث الحاد في أجواء المدن:

تحدث حالات التلوث الحاد عند ازدياد تركيز بعض المواد الملوثة فجأة في الهواء وبقائها فيه مدة طويلة. ويساعد تركيب المدن بمبانيها العالية،

وازدحامها بالسكان، وامتلاء طرقها بالسيارات ووسائل النقل، وما قد يحيط بها من مناطق صناعية، تحرق الوقود طوال ساعات الليل والنهار، يساعد كل ذلك على تجمع المواد الملوثة في جو هذه المدن.

ونظرا لأن أغلب المدن تقام في أودية الأنهار، أو على الخلجان، على شواطئ البحار، أو تقام على أراضي السهول المجاورة للجبال، فإن بعض هذه المدن قد تتعرض لظاهرة جوية خاصة تعرف باسم ظاهرة «الانقلاب الحراري» (Temperature inversion).

وتنشأ ظاهرة الانقلاب الحراري عندما تستقر طبقة من الهواء الدافئ فوق طبقة أخرى من الهواء البارد.

ونظرا لأن الهواء البارد أثقل من الهواء الدافئ، فإن هذا الوضع قد يستمر مدة طويلة، ويبقى الهواء البارد ملاصقا لسطح الأرض، ساكنا لا يتحرك، فتتجمع فيه الغازات والشوائب ويزداد تركيزها فيه بسرعة كبيرة.

وتتوزع المواد الملوثة تحت الظروف الجوية المعتادة في الهواء، وذلك لأن الهواء الملاصق لسطح الأرض ترتفع درجة حرارته تدريجيا، فيرتفع صاعدا إلى طبقات الجو العليا حاملا معه المواد المسببة للتلوث.

أما في حالة الانقلاب الحراري فإن طبقة الهواء الدافئ التي تعلو طبقة الهواء البارد تعمل مثل الغطاء أو السقف فتحدد حركة الهواء البارد، وتمنع استبعاد المواد الملوثة عن سطح الأرض، وتؤدي بذلك إلى حالة من التلوث الحاد.

ومن أمثلة حالات التلوث الحاد ما حدث لمدينة لندن عام 1955، فقد تغطت المدينة بسحابة كثيفة من الضباب الدخاني عدة أيام، وقد نتج من ذلك وفاة ما يقرب من 4000 شخص من سكان هذه المدينة، كما أصيب عدد كبير من السكان بأضرار في الجهاز التنفسي.

وقد حدثت ظاهرة مماثلة في مدينة طوكيو عام 1970، فامتلأ جو المدينة بسحابة من الضباب الدخاني المحمل بحمض الكبريتوز، وحمض الكبريتيك الناتج من تفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت مع بخار الماء. وقد استمر هذا الوضع سائدا في مدينة طوكيو نحو خمسة أيام متواصلة، ونتج من ذلك إصابة نحو 8000 شخص من سكان هذه المدينة بالتهابات شديدة في العين وفي الأنف والحنجرة، وأصيب كثيرون آخرون بمتاعب في صدورهم

وأجهزتهم التنفسية.

كذلك تغطت إحدى المدن الصناعية بولاية بنسلفانيا، بالولايات المتحدة، بسحابة كثيفة من الضباب الدخاني لمدة أربعة أيام متوالية عام 1948، وقد أدى ذلك إلى إصابة نحو 6000 شخص بمتاعب في أجهزتهم التنفسية من مجموع سكان المدينة البالغ عددهم 14000 مواطن، كما توفى منهم عشرون شخصا ممن لم يستطيعوا تحمل مثل هذه الحالة الشديدة من التلوث.

ومن الملاحظ أن تأثير الهواء الملوث، حتى في حالات التلوث الحاد، يتفاوت من شخص لآخر، ولكن المقطوع به حتى الآن أن تلوث الهواء شديد الضرر على صحة الإنسان، خصوصا لمن يتعرضون له مدة طويلة من الزمن.

5 تلوث الهواء بالشوائب

تحتوي الغازات المتدفقة من مداخن المصانع على كثير من الشوائب والأبخرة والمواد المعلقة.

وتحتوي هذه الغازات في كثير من الأحيان على أبخرة مركبات شديدة السمية مثل: مركبات الزرنيخ، والفوسفور، والكبريت، والسلينيوم، كما قد تحمل معها بعض مركبات الفلزات الثقيلة مثل: مركبات الزئبق، والرصاص، والكادميوم وما إليها، وتبقى هذه الشوائب معلقة في الهواء على هيئة أيروسول، أو ضباب خفيف.

وتظهر آثار هذا النوع من التلوث بوضوح فوق مناطق التجمعات الصناعية، ولكنه قد يمتد إلى مناطق أخرى. فبالنسبة للرصاص مثلا وجد أن نسبته حول المنشآت الصناعية والمدن بفرنسا نحو 1,4 ميكروجرام في المتر المكعب، كما وجدت نسبة منه كذلك في هواء المناطق الريفية وفوق الجبال تصل إلى نحو 0,03 ميكروجرام في المتر المكعب، وارتفعت هذه النسبة في مياه الأمطار التي سقطت على المناطق الريفية في فرنسا عام 1971-1972 إلى نحو15 ميكروجراما في المتر المكعب، (مرجع رقم 19).

ويشبه الغلاف الجوي مياه المحيطات في بعض

خواصها. فالهواء يستطيع أن ينقي نفسه من بعض الشوائب العالقة فيه إذا وجدت هذه الشوائب بكميات صغيرة فيه، ولكن الأمر يختلف كثيرا إذا زادت نسبة هذه الشوائب على حد معين، وتصبح إزالة هذه الشوائب بالطرائق الطبيعية عسيرة إلى حد كبير.

وتشترك مياه البحار في دفع الكثير من الشوائب في الهواء، فعند هبوب ريح قوية على سطح البحر، فإنها تحمل معها رذاذا دقيقا من الماء المحتوي على بعض الأملاح الذائبة في مياه البحر، ولا يزيد حجم هذا الرذاذ الدقيق على 1-10 ميكرون.

وتحمل الرياح القوية هذا الرذاذ معها إلى داخل الشواطئ لمسافة قد تصل إلى عدة كيلومترات.

وعندما يتبخر هذا الرذاذ تبقى الأملاح الذائبة فيه معلقة بالهواء، وتحملها التيارات الهوائية إلى كل مكان، وتملأ طبقة التروبومسفير، ثم تعود لتسقط على سطح الأرض مع الأمطار أو الجليد.

ومن المقرر أن الرياح تحمل كل عام نحو مليار طن من هذه الأملاح من مياه البحر.

وعند تحليل الجليد القطبي تبين أنه يحتوي على كثير من الأملاح منها: الكلوريدات، والنترات، والكبريتات لعديد من الفلزات مثل: الصوديوم، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والماغنسيوم، بالإضافة إلى قليل من أملاح الحديد والكوبالت وغيرهما، وهي الأملاح التي تتوفر في مياه البحار، والتي يعتقد أن الرياح دفعتها على هيئة أيروسول في الهواء، ثم سقطت على سطح الأرض مع الجليد.

وقد لوحظ أن بعض هذه الشوائب تحمل نسبة كبيرة من الفلزات الثقيلة تزيد على ما يوجد منها في مياه البحار. ومن أمثلتها شوائب النحاس، والحديد، والزنك، والكوبالت، والرصاص، ولا بد من أن هذه الشوائب نتجت من النشاط الصناعي للإنسان.

ويشترك بعض العوامل الطبيعية الأخرى في تكوين الشوائب التي تعلق بالهواء. ومن أمثلة هذه العوامل البراكين، أو العواصف الترابية والرملية التي تهب على بعض البقاع.

وتخرج من بعض البراكين كميات هائلة من الرماد والدخان. وعند

جدول يبين الحد الأقصى المسموح به بالنسبة للمواد المشعة

المـــادة	مليجرام في المتر المكعب من الهواء
سترونشيوم ـ 90	8×10^{10}
يورانيوم طبيعي	2×10^{10}
راديوم ـ 226	1×10^{8}
بلوتونيوم ـ 239	3.7×10^{11}

درجة 1000 مئوية يتطاير أغلب الكلوريدات في الهواء، ومثال ذلك بركان «إتنا» فهو يطلق في الهواء عشرات من الأطنان من الزئبق على هيئة الكلوريد، ويطلق كذلك آلاف الأطنان من الحديد والألومنيوم، وعشرات الآلاف من الأطنان من الصوديوم، والبوتاسيوم، والكالسيوم، ويبقى أغلب هذه الكلوريدات معلقا بالهواء على هيئة شوائب. كذلك تشترك التجارب النووية في إطلاق كميات من الشوائب المشعة في الهواء.

وعند انفجار قنبلة نووية تتبخر مكوناتها وجزء من الأرض المحيطة بها، وبعد انقضاء عدة ثوان تتصاعد هذه الأبخرة في طبقات الجو العليا، وبعد أن تبرد تتحول إلى شوائب مشعة تبقى معلقة بالهواء، وتغطي عدة كيلومترات حول مكان الانفجار.

وغالبا ما تحمل الرياح هذه الشوائب لتمتد في كل اتجاه، وتصل إلى أماكن بعيدة جدا عن مكان الانفجار. ويبين الجدول التالي الحد الأقصى المسموح به في الهواء بالنسبة للمواد المشعة خصوصا شترونشيوم-90، واليورانيوم، والبلوتونيوم، (مرجع رقم 20).

ولا تجب الاستهانة بكمية الشوائب التي تتصاعد من المنشآت الصناعية ومحطات القوى. فمن المقدر أن محطة الكهرباء التي تصل قدرتها إلى 1000 ميجاوات، وتعمل بالفحم تطلق في الهواء كل ساعة نحو 20 طنا من غاز ثاني أكسيد الكبريت، و 3,5 طن من أكاسيد النتروجين، ونحو45 طنا

الحد الأقصى للشوائب المسموح به في الهواء

في الولايات المتحدة

المواد	مليجرام في المتر المكعب	المادة	مليجرام في المتر المكعب
الانتيمون	0.5	بنتابوران	0.01
الفضة	0.01	البلاتين	0.002
الزرنيخ	0.5	الروديوم	0.001
الباريوم	0.5	السلينيوم	0.2
الكرومات	0.1	اليورانيوم	0.2
أرسينات الكالسيوم	1.0	الفناديوم	0.1
أكسيد الكالسيوم	5.0	أكسيد الزنك	5.0
غبار الفروفناديوم	1.0	البريليوم	0.002
الهافنيوم	0.5	الكادميوم	0.1
الانديوم	0.1	ألكيلات الزئبق	0.01
أرسينات الرصاص	0.15	الزئبق	0.1
يوديدالليثيوم	0.025	الكوارتز	2.0
المولبدنوم	5.0	الاسبستوس ميكروجرام / سم^3	5.0
التليريوم	0.1	رابع اثيل الرصاص	0.1
القصدير	0.1		

من الرماد المتطاير، ((مرجع رقم 19).

ويتضح من ذلك أن المنشآت الصناعية تدفع إلى الهواء كل يوم بكميات هائلة من الرماد والشوائب يبقى أغلبها معلقا في الهواء، وتحتوي على كثير من المواد الضارة بالبيئة وبصحة الإنسان.

ويبين الجدول السابق الحد الأقصى المسموح به قي الهواء لكث يرمن الشوائب الصناعية، كما حددها مؤتمر مراقبي الصحة الأمريكيين عام 1970 (مرجع رقم 21).

ويعاني بعض المدن العربية في الوقت الحالي من هذا النوع من التلوث، ومثال ذلك مدينة القاهرة، في جمهورية مصر العربية، فقد أصبحت تحدها من الشمال ضاحية صناعية كبيرة هي ضاحية «شبرا الخيمة»، والتي أقيم

بها نحو 1000 مصنع تنتج أصنافا متعددة من المنتجات. فمنها. مصانع النسيج، والصباغة، والزجاج، وبعض الصناعات المعدنية والكيميائية الأخرى.

وتحمل الرياح السائدة، وهي رياح شمالية إلى شمالية غربية، كثيرا من الشوائب العالقة بغازات هذه المصانع، والتي تتساقط كل يوم فوق مدينة القاهرة.

كذلك أقيمت جنوب القاهرة في حلوان منطقة صناعية أخرى فيها نحو35 صناعة مختلفة مثل: صناعة الحديد، الصب، وصناعة الكوك، والكيماويات الأساسية، وصناعة السيارات، وعربات السكة الحديد، وصناعة الإسمنت وغيرها.

وبعد أن كانت حلوان تعتبر من أفضل المشاتي، بمياهها المعدنية والكبريتية، أصبحت الآن مدينة صناعية يملأ جوها دخان المصانع، وتتعلق بهوائها الشوائب الضارة.

ويظهر أثر التلوث بالشوائب بوضوح في منطقة «طرة» جنوب مدينة القاهرة، حيث يوجد مصنع كبير من مصانع الإسمنت، ونظرا لعدم وجود الأجهزة التي ترسب الغبار المتصاعد من الأفران، فقد أصبح الهواء في هذه المنطقة محملا على الدوام بغبار الإسمنت الدقيق، وجف كثير من الأشجار الموجودة في هذه المنطقة، وتساقطت أوراقها، وتغطى ما بقى منها بغبار ناعم أبيض مثل الجير.

ويتفاوت تأثير الهواء الملوث من شخص لأخر، ولكن المقطوع به الآن أن تلوث الهواء شديد الضرر على صحة الإنسان.

ويبدو أثر ذلك بوضوح فيمن يتعرضون للهواء الملوث فترة طويلة مثل العمال الذين يعملون في المنشآت الصناعية، ويتعرضون لأبخرة المواد الكيميائية المختلفة، ولبعض الشوائب التي تصاحب بعض العمليات الصناعية. وهي حالة خاصة من حالات التلوث الكيميائي الذي سنتكلم عنه فيما بعد، وتعرف باسم «التلوث المهني».

وهذا النوع من التلوث محلي إلى حد كبير، فلا يتعرض له إلا العاملون في هذه المنشآت، كما أنهم لا يتعرضون له طوال الأسبوع، بل يحدث ذلك أثناء ساعات العمل فقط، أي أن العاملين بهذه المنشات لا يتعرضون لهذا النوع من التلوث إلا لمدة لا تزيد على 42 ساعة فقط كل أسبوع.

وعلى الرغم من قصر الفترة التي يتعرض فيها العامل لمثل هذه المواد الملوثة إلا أن تركيزها قد يكون عاليا في الهواء المحيط بهذا العامل، خصوصا عندما يكون مكان العمل رديء التهوية، وبالتالي فإن أثرها في صحة العامل عادة ما يكون كبيرا.

وهناك من يعتقدون أن تلوث الهواء بالأبخرة والشوائب يلعب دورا ما في إصابة الإنسان بمرض السرطان، خصوصا بعد أن لوحظ أن سكان المدن أكثر تعرضا للإصابة بهذا المرض أكثر من سكان الريف أو الجبال.

وهم يرون أن هناك ارتباطا بين الزيادة الملحوظة في الإصابة بمرض السرطان والزيادة في التصنيع، والأخذ بأساليب التكنولوجيا الحديثة والزيادة في كمية الأبخرة والشوائب المتصاعدة في الهواء.

وهناك خلاف كبير حول هذا الرأي، ولا يمكن الجزم اليوم بوجود مثل هذه العلاقة بصورة نهائية، حيث إن هناك عوامل أخرى كثيرة تتدخل في الإصابة بهذا المرض، ويجب أن تؤخذ في الاعتبار.

وقد تبين من الإحصائيات التي أجريت على المدخنين في كثير من الدول الأوروبية، وفي الولايات المتحدة أن هناك صلة مؤكدة بين التدخين المستمر للسجائر والإصابة بسرطان الرئة، خصوصا بين الأفراد الذين يملئون رئاتهم وصدورهم بدخان التبغ عند كل شهيق.

ومن المعتقد أن التدخين يؤدي إلى وفاة ما يقرب من ثلاثمائة ألف شخص في الولايات المتحدة كل عام، من بينهم نحو 80000 فرد تكون وفاتهم بسبب الإصابة بسرطان الرئة.

ولاشك في أن مثل هذه الإحصائيات تقوى كثيرا من احتمال وجود علاقة من نوع ما بين الإصابة بالسرطان وبين تلوث الهواء الجوي بالأبخرة والشوائب فكما أن التدخين يلوث الهواء الذي يدخل إلى الرئة ببخار القطران، وبأبخرة مواد مسرطنة مثل: «البنزبايرين» و «البنزانثراسين» فإن الهواء الملوث بدخان المصانع يحمل في طياته أيضا كثيرا من الشوائب المسببة للسرطان مثل: أبخرة كلوريد الفاينيل المسبب لسرطان الكبد والرئة بالإضافة إلى كثير من أبخرة الفلزات الثقيلة، والمواد المسببة لسرطان الدم.

وهناك بعض الشوائب الأخرى مثل ألياف الأسبستوس التي تسبب الإصابة بمرض الضفري (Asbestosis)، ومثل غبار السليكا الذي يسبب

الإصابة بمرض سل النحاتين. (Silicosis)

وتظهر آثار هذه الشوائب بوضوح بين عمال المنشآت الصناعية الذين يتعرضون لها يوميا، وبنسبة عالية في هواء العنابر التي يعملون بها، ولكنها تؤثر أيضا، بنسبة أقل، في صحة سكان المناطق المحيطة بهذه المصانع.

وقد تنبه كثير من النقابات والحكومات إلى خطر تلوث الهواء المهني على صحة العاملين في الصناعات المختلفة، خصوصا الذين يتعرضون لأبخرة الأحماض أو الرذاذ المتطاير من رش الطلاء، أو عمال المناجم وغيرهم.

وقد صدر في هذا السبيل في كثير من الدول بعض التوصيات والتشريعات التي تنص على ضرورة اتخاذ الاحتياطات التي تضمن سلامة صحة العاملين في مثل هذه المؤسسات.

ويصعب كثيرا وضع مستويات حقيقية لدرجة التركيز المسموح بها للمواد الملوثة في الهواء الجوي، وذلك لأن المواد الملوثة متعددة الأنواع، ويتطلب كل منها مستوى معينا من التركيز لا يجب تجاوزه.

وقد يسهل تحديد أثر مادة واحدة من هذه المواد إذا وجدت وحدها في الهواء، ولكن يصعب معرفة أثر كل هذه المواد إذا وجدت مجتمعة في الهواء في وقت واحد.

كذلك قد يتفاعل بعض هذه المواد مع غيره، أو قد ينحل بفعل أشعة الشمس أو بتأثير رطوبة الهواء، وقد ينتج من كل ذلك خليط آخر من نوع جديد قد يؤدي إلى زيادة تلوث الهواء.

ويجب أن نأخذ دائما في الاعتبار أن تلوث الهواء شيء عام يتعرض له الجميع، فيتعرض له الطفل الرضيع، والرجل المسن، ويتعرض له المريض والسليم على حد سواء، ولذلك من المتوقع أن يختلف أثر عوامل التلوث في كل هذه الأنماط، ويختلف المستوى المسموح به من فرد لآخر.

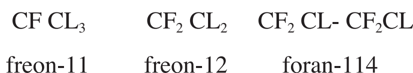
ويتضح من ذلك أن وضع حدود قصوى للمواد المسببة للتلوث عملية بالغة الصعوبة، ولذلك لم يتم الاتفاق عليها دوليا حتى الآن. وعادة ما يتم تعيين الحد الأقصى المسموح به من مادة ما نتيجة بعض

التجارب المعملية على حيوانات التجارب، واستنادا إلى بعض المشاهدات الميدانية التي تمت ملاحظتها في بعض حالات التلوث الحاد.

وقد اتفق بصفة عامة على ألا تزيد نسبة أي مادة ملوثة في الهواء الذي يتعرض له الإنسان يوميا على 0,01٪، أي بنسبة جزء من عشرة آلاف جزء من التركيز المسموح به لهذه المادة.

٦ تلوث الهواء بمركبات الكلورو فلورو كربون

تتعدد أنواع مركبات الكلورو فلورو كربون، ولكنها تحتوي جميعا على ذرات من الكلور ومن الفلور، وهي في أغلب الأحوال تعتبر مشتقات هالوجينية لبعض المركبات الأليفاتية ذات الوزن الجزئي الصغير. وبعض هذه المركبات قد يحتوي على ذرة واحدة من الفلور مثل الفريون-١١، وقد يحتوي على أكثر من ذرة من الفلور كما في الفريون-١٢، والفوران-١١٤، ولكنها جميعا تحتوي على عدة ذرات من ا لكلور



$CF\,CL_3$	$CF_2\,CL_2$	$CF_2\,CL\text{-}\,CF_2CL$
freon-11	freon-12	foran-114

وأغلب هذه المواد غازات في درجات الحرارة العادية، وتسيل بسهولة تحت الضغط، ولذلك فهي تستعمل بكثرة في أجهزة التبريد مثل الثلاجات المنزلية، كما تستعمل كمواد دافعة في عبوات الأيروسول التي تحمل بعض المبيدات، أو بعض مواد تصفيف الشعر، أو إزالة روائح العرق، وبذلك ينتشر استعمالها في كل مكان.

ويؤدي الإفراط في استعمال عبوات الأيروسول

إلى انتشار هذه المركبات في كل مكان، كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراقا غير كامل يؤدي إلى انتشار التلوث بمركبات الكلورولوروكربون.

وعندما تنتشر هذه المركبات في الهواء تحملها التيارات الصاعدة إلى طبقات الجو العليا، وقد وجد تركيز محسوس من هذه المركبات على ارتفاع 18 كيلو مترا من سطح الأرض عند خط الاستواء، وعلى ارتفاع نحو 7 كيلومترات فوق المناطق القطبية.

كذلك تم اكتشاف وجود هذه المركبات بواسطة أجهزة خاصة في المناطق البعيدة عن العمران، والبعيدة جدا عن التلوث مثل جبال البيرنييز بجنوب فرنسا.

وتقدر كمية مركبات الكلورو فلورو كربون التي تنطلق إلى الجو كل عام بما يزيد على مليون طن.

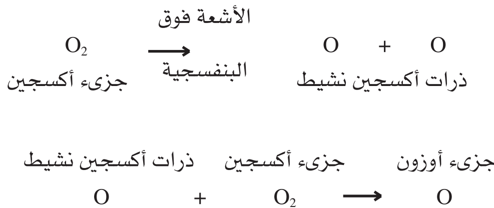
وعندما تصعد هذه الغازات في طبقات الجو العليا، وتتعرض للأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، تتحل جزئياتها بطريقة خاصة وتعطي ذرات نشيطة من الكلور.وتقوم هذه الذرات بمهاجمة جزئيات الأوزون وتحويلها إلى أكسجين، وبذلك تساعد هذه المركبات على تدمير طبقة الأوزون كما سنرى فيما بعد.

وقد فطن كثير من الدول إلى خطورة التلوث الناتج من مركبات الكلورو فلورو كربون، فبدأت في خفض إنتاجها منذ عام 1975 بنسبة 30٪، كما حظر بعض الدول مثل. أمريكا، والسويد، وكندا، والنرويج، والاتحاد الأوروبي استعمال هذه المركبات بشكل عشوائي، وقامت بتحديد حد أقصى لانتشار هذه المركبات منذ عام 1982.

وهناك محاولات لاستبدال مركبات الكلورو فلورو كربون بمواد دافعة أخرى، من بينها استعمال خليط من غاز البيوتان والماء يطلق عليه اسم «أكواصول» (Aquasol)، وهي خليط لا يحتوي على الكلور أو الفلور.

7 أثر تلوث الهواءفي طبقة الأوزون

يتكون الأوزون عادة في طبقة الستراتوسفير التي تقع على ارتفاع يتراوح ما بين 10 و 40 كيلومترا فوق سطح الأرض. ويتكون الأوزون عندما يتعرض أكسجين الهواء الجوي لتأثير الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، فينحل بعض جزيئاته بتأثير هذه الأشعة إلى ذات نشيطة، ثم يتحد بعض هذه الذرات مرة أخرى مع جزيئات الأكسجين مكونة الأوزون.



ويتم في هذه العملية امتصاص قدر كبير من الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، فلا يصل منها إلى سطح الأرض إلا قدر معتدل لا يؤثر في حياة الكائنات الحية، وبذلك تمثل طبقة الأوزون، التي تتكون في الطبقات العليا من الجو، درعا واقيا

يحمي الكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض من غوائل هذه الأشعة المدمرة.

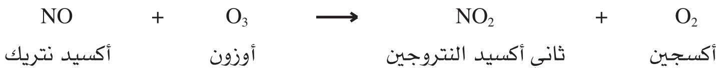
ويؤدي نقص تركيز الأوزون في طبقات الجو العليا إلى كثير من المضار، فهو يسمح بزيادة كمية الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى سطح الأرض مما قد يؤدي إلى الإصابة بسرطان الجلد، كما قد يؤدي إلى إحداث تغيير في العوامل الوراثية لبعض الكائنات الدقيقة، ويؤثر كذلك في عمليات التخليق الضوئي، وفي سلسلة الغذاء إلى غير ذلك من أنواع الدمار البيولوجي.

وقد جاء في التقرير المقدم لجمعية الأرصاد الفرنسية عام 6791، والخاص بمثل هذه الدراسات، (مرجع رقم 22)، أنه لو حدث نقص في طبقة الأوزون مقداره 3٪، فسيؤدي ذلك إلى نقص قدره 9٪ في عمليات التخليق الضوئي التي تقوم بها النباتات، وإلى زيادة بمقدار 6٪ في الإصابة بسرطان الجلد.

ومن المعروف أن حركة الهواء على ارتفاع نحو15 كيلومترا من سطح الأرض تكون قليلة نسبيا، ولذلك نجد أن كثيرا من الشوائب التي تنطلق في الهواء قد تتجمع عند هذه الطبقة، وقد يؤدي بعض هذه الشوائب إلى انحلال جزيئات الأوزون عند هذه الارتفاعات.

وتعتبر أكاسيد النتروجين، وغازات الكلورو فلورو كربون من أهم المواد التي تسبب تدمير طبقة الأوزون.

وعندما تتلامس جزيئات أكاسيد النتروجين مع جزيئات الأوزون يحدث بينهما تفاعل كيميائي يؤدي إلى تفكيك جزيئات الأوزون وتحويلها إلى جزيئات أكسجين مرة أخرى.



ومن الملاحظ أن هذا التفاعل لا يؤدي إلى اختفاء أكاسيد النتروجين، بل يتحول في هذا التفاعل أحد هذه الأكاسيد، وهو أكسيد النتريك، إلى أكسيد نتروجين آخر، وبذلك يستمر فعل هذه الأكاسيد مدة طويلة.

وقد قامت الولايات المتحدة في فترة ما بمنع طيران طائرة الكونكورد

في الأجواء الأمريكية، باعتبار أن محركات مثمة هذه الطائرات يتكون فيها نسبة واضحة من أكاسيد النتروجين وبخار الماء، وهي عوامل قد تساعد على تحلل طبقة الأوزون في هذه الأجواء.

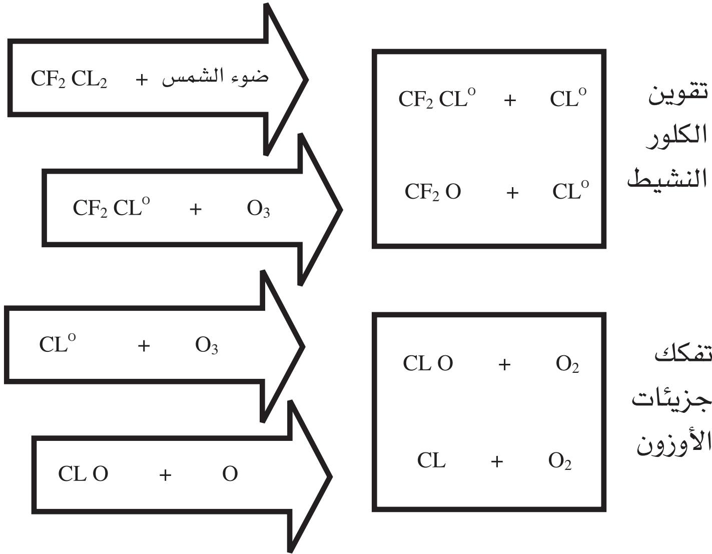
وقد قامت لجنة رسمية أمريكية ببحث أثر الطيران الأسرع من الصوت في تركيب الهواء، وقدمت تقريرا عام 1971 جاء فيه: أن التركيز الطبيعي لبخار الماء في الهواء يصل إلى نحو 3 أجزاء في المليون، وأن الأمر يحتاج إلى نحو 500 طائرة من الطائرات التي تطير على ارتفاع 21 كيلومترا وبسرعة 3 ماخ، أي بسرعة 3300 كيلومتر في الساعة تقريبا، ولمدة 30 سنة للوصول إلى مثل هذا التركيز من بخار الماء في طبقات الجو العليا. كذلك تبين أن أكاسيد النتروجين التي تنتج من هذه المحركات ضئيلة جدا عند مقارنتها بكمية هذه الأكاسيد التي تتصاعد في الهواء من سطح الأرض عند إحراق الوقود في المصانع، وفي محطات القوى، وفي محركات السيارات.

وتشترك مركبات الكلورو فلورو كربون مع أكاسيد النتروجين في تدمير طبقة الأوزون. وهذه المركبات على قدر كبير من الثبات، ولذلك فهي تبقى في الهواء مدة طويلة، وتحملها تيارات الهواء الصاعدة في طبقات الجو العليا، وقد وجد تركيز محسوس من هذه المركبات على ارتفاع نحو 18 كيلومترا من سطح الأرض عند خط الاستواء، وعلى ارتفاع نحو 7 كيلومترات فوق المناطق القطبية.

وتتحل بعض جزيئات الكلورو فلورو كربون بتأثير الأشعة فوق البنفسجية القوية في طبقات الجو العليا، معطية بعض ذرات الكلور النشيطة التي تتفاعل بعد ذلك مع الأوزون.

وهناك اهتمام عالمي اليوم بمشكلة الأوزون، وقد عقد في مدينة «بولدر» بالولايات المتحدة عام 1980 مؤتمر للجنة الدولية للأوزون قدمت فيه أعداد كبيرة من البحوث التي تتعلق بهذه المشكلة، بلغت في مجموعها نحو 250 بحثا، واشترك في تقديمها عدد كبير من علماء الدول المختلفة، واتفق أغلب هذه البحوث على أن هناك خطرا متزايدا على الكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض من النقص الملحوظ في طبقة الأوزون.

وطبقا لهذه البحوث فإنه من المتوقع أن يحدث نقص في طبقة الأوزون بمقدار 10-16٪ في خلال السنوات القليلة القادمة، إذا استمر الإنسان في

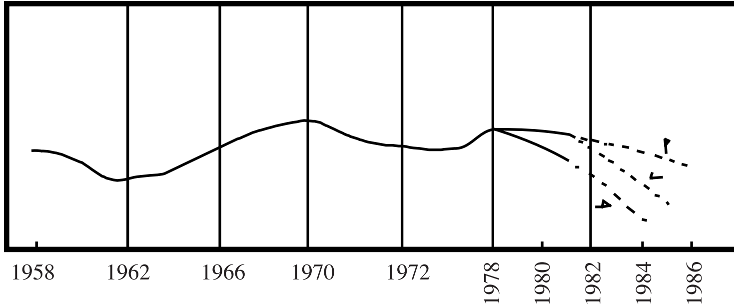


استعماله غير المتحفظ لمركبات الكلور وفلورو كربون وما يماثلها من مركبات، (مرجع رقم 23).

وطبقا لبعض البيانات التي ذكرها «كاليس و ناتارجان» (L. B. Callis and M. Natarajan) عام 1981، (مرجع رقم 24)، (شكل 6)، فإنه كانت هناك زيادة طفيفة في كمية الأوزون في المدة (1962-1970)، ثم حدثت بعد ذلك عملية اتزان بين تفكك هذا الغاز وتكوينه من الأكسجين حتى عام 1979، ثم بدأ تركيز طبقة الأوزون في النقص منذ بداية عام 1980.

ويرى هذان الباحثان أن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو تعمل على رفع درجة حرارة طبقات الجو الملاصقة لسطح الأرض، وأنه نتيجة امتصاص ثاني أكسيد الكربون للأشعة الحرارية المنعكسة من سطح الأرض فإن ذلك يساعد على زيادة برودة طبقات الجو العليا، ويقلل بالتالي من معدل تفكك الأوزون إلى حد كبير.

ويبين المنحنى المبين في (شكل 6) ثبات الأوزون في وجود ثاني أكسيد الكربون فقط، ولكن سرعة التفكك تزداد عند اختلاط ثاني أكسيد الكربون بمركبات الكلورو فلورو كربون، وتزداد بشكل أكبر عند زيادة تركيز هذه



شكل (6)

تغير تركيز الأوزون في طبقات الجو العليا في الفترة من عام 1958 إلى عام 1978، ويلاحظ أن هناك زيادة في كمية الأوزون من عام 1962 إلى عام 1970، ثم حدوث فترة اتزان بين التفكك والتكوين بعد ذلك.

أ = ثبات كمية الأوزون في وجود ثاني أكسيد الكربون وحده.

ب = تفكك معتدل للأوزون في وجود كل من ثاني أكسيد الكربون ومركبات الكلورو فلورو كربون.

جـ = تفكك شديد للأوزون في وجود مركبات الكلورو فلورو كربون.

جـ = تفكك شديد للأوزون في وجود مركبات الكلورو فلورو كربون وحدها. (مرجع رقم 24).

المركبات الأخيرة.

وفي عام 1985 قام ثلاثة من الباحثين من مجموعة (British Antarctic survey) التابعة للمجلس البريطاني لبحوث البيئة بإجراء بعض القياسات على طبقة الأوزون فوق المنطقة القطبية الجنوبية في محطة «خليج هالي» (Halley Bay) في شهر أكتوبر من كل عام، وهو بداية الربيع في هذه المنطقة.

وقد نشرت بحوث هذه المجموعة في رسالة إلى مجلة (Nature)، (مرجع رقم 25)، ومنها تبين أن كمية الأوزون فوق القطب الجنوبي كانت تتناقص بشكل ظاهر خلال الفترة (1979-1985) في أوائل أكتوبر من كل عام، أي في بدء الربيع القطبي، مما عرف فيما بعد باسم ثقب الأوزون. ويوضح الشكل البياني التالي (شكل 7) النتائج التي حصل عليها هؤلاء الباحثون، وهي تبين أن نقص الأوزون في هذه المناطق كان مستمرا منذ عام 1970 حتى عام 1984.

وقد أكد هذا النقص في طبقات الأوزون فوق هذه المناطق كل من «كروجر وستولارسكي» (Kruger and Stolarsky) من علماء هيئة الفضاء



شكل (7)

رسم بياني(مرجع رقم 25) يوضح النقص في الأوزون منذ عام 1960 خصوصا في المدة من عام 1970 حتى 1984 - والدوبسون وجدة قياس تستعمل في تحديد كمية الأوزون في عمود الهواء، وتنسب الى عالم من المهتمين بهذه البحوث.

الأمريكية (NASA) عن طريق بعض الصور التي التقطها القمر الصناعي «نيمبوس - 7» (Nimbus - 7) ضمن البرنامج المسمى «نظام الخرائط للأوزون الكلي» (Total Ozone Mapping System) والمختصر إلى (TOMS)، (مرجع رقم 26).

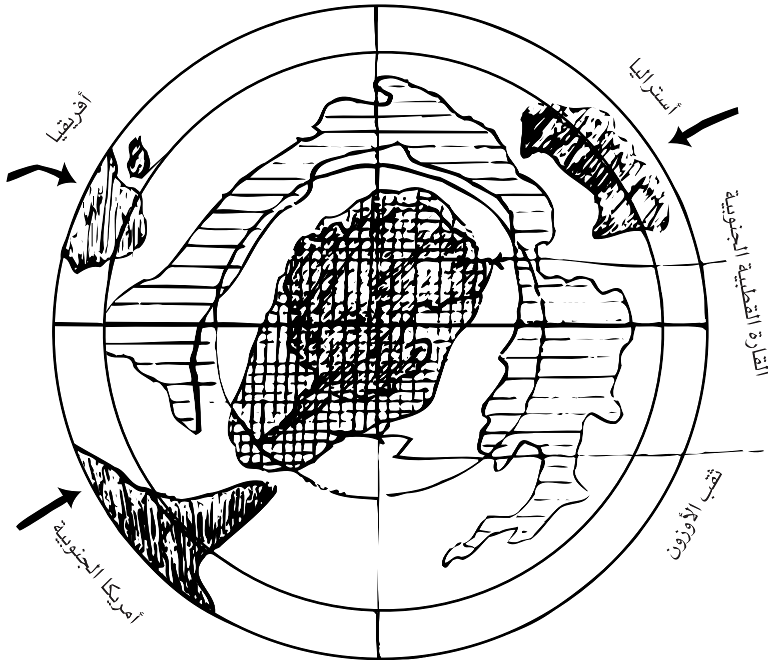
وقد دلت هذه الصور، التي أخذت في أكتوبر عام 1984، على وجود كمية قليلة جدا من الأوزون فوق منطقة القطب الجنوبي، وظهرت هذه المنطقة ملونة باللون الأسود البنفسجي، ومع ذلك فقد كان يحيط بهذه المنطقة تركيز عال من الأوزون ظهر في هذه الصور بلون أخضر، (شكل 8).

وعند إعادة التقاط صور نفس هذه المنطقة بواسطة القمر الصناعي في أكتوبر عام 1985، أي بعد التقاط الصور الأولى بعام كامل، تبين أن

تركيز الأوزون فوق المنطقة القطبية قد قل عن العام السابق.

وقد تمت دراسة حالة الجو فوق القطب الجنوبي خلال العام الجيوفيزيقي الدولي (1957-1958)، (مرجع رقم 27)، وتبين من هذه الدراسة أن الأوزون يتكون في طبقات الجو العليا فوق خط الاستواء من الأكسجين كما سبق ذكره، فتنحل بعض جزيئات الأكسجين بتأثير الأشعة فوق البنفسجية إلى ذرات حرة، ثم يعود بعض هذه الذرات للاتحاد بجزيئات الأكسجين لتكون الأوزون.

وتحمل الرياح في دورتها العادية هذا الأوزون إلى منطقة القطب، فترتفع فيها نسبة الأوزون في طبقات الجو العليا عندما يضاف هذا الأوزون إلى



شكل (8)

صورة التقطها القمر الصناعي«نيمبوس-7» للقارة القطبية الجنوبية ويمثل فيهل الجزء المظلل فوق القارة القطبية ثقب الأوزون.

ما يتكون منه طبيعيا في هذه المنطقة.

أما في فصل الشتاء فإن الليل القطبي يسود فوق المنطقة القطبية الجنوبية، ويترتب على ذلك عدم تكون الأوزون في طبقات الجو العليا فوق هذه المنطقة، لغياب الأشعة البنفسجية في هذا الفصل.

ويؤدي ذلك إلى أن الأوزون الموجود أصلا في طبقات الجو فوق المنطقة القطبية الجنوبية لا يتجدد في فترة الليل القطبي الطويل، بل إن بعض جزيئات الأوزون تنحل بمرور الزمن بطريقة تدريجية، ويبدأ تركيزه في النقصان بمرور الوقت، حتى يصل هذا التركيز إلى أقل قيمة له في سبتمبر/ أيلول من كل عام.

وهذا النموذج ليس مؤكدا حتى الآن، وهناك نوع من الصراع بين نظريتين: إحداهما تعزو هذا النقص في تركيز الأوزون إلى أسباب اصطناعية نتيجة تلوث طبقات الجو بالغازات والشوائب الناتجة من نشاطات الإنسان، مثل تلك البحوث والدراسات التي قام بها كل من «سولومون» (Solomon)، (مرجع رقم 28)، «ماكلروي» (Mc Elory) ومعاونيهما، (مرجع رقم 29)، وقدم كل منهم ميكانيكية لتفسير الأسباب في تدمير طبقة الأوزون، كان أهم عامل فيها هو جزيئيات (CLO) التي تنتج من تلوث الهواء ببعض مركبات الكلوروفلوروكربون.

وهناك علماء آخرين مثل «كاليس (CalIis) ومعاونيه، (مرجع رقم 30)، بمركز بحوث لانجلى التابع لهيئة (NASA)، يرون أنه يجب ألا نتغاض عن بعض الأسباب الطبيعية التي تشترك في الإقلال من تركيز الأوزون في الطبقات العليا للجو، مثل النشاط الزائد للشمس، فكلما زاد نشاط الشمس زاد تركيز أكسيد النتروجين (NO) خصوصا في طبقات الميزوسفير، وينتقل هذا الأكسيد إلى القطب أثناء فترة الليل القطبي، ويتحد مع الأوزون محولا إياه إلى أكسجين.

وللإجابة عن هذا التساؤل، هل النقص في تركيز الأوزون فوق القطب الجنوبي يعود إلى أسباب طبيعية أم لأسباب اصطناعية من فعل الإنسان ؟ قامت عدة هيئات بعقد مؤتمر في مارس 1986، اشتركت فيه هيئة الفضاء الأمريكية (NASA)، وهيئة الإدارة الأهلية لدراسات الجو والمحيطات (NOAA) National Oceanographic of Atmospheric Administration، واتحاد الصناعات

الكيميائية(CMA) Chemical Manufacturers Association.

وقد نوقشت عدة بحوث في هذا المؤتمر، وهكذا بدا لأول مرة عمل منظم على أساس علمي لبحث مشكلة الأوزون، ولتقديم حلول جذرية لها.

وقد تضمنت خطة العمل إطلاق بالونات من محطة «ماك موردو» (Mc Murdo)، ومن محطة «أموندسون سكوت» (Amundsen Scott) بالقطب الجنوبي لقياس تركيز الأوزون في طبقات الجو العليا في هذه المنطقة، كذلك خصصت طائرة بواسطة «المؤسسة الأهلية للعلوم» بالولايات المتحدة (NSF) National Science Foundation تحمل معدات خاصة من جامعة نيويورك، ومن الإدارة الأهلية لدراسة الجو والمحيطات (NOAA) لقياس تركيز بعض أصناف خاصة من الجزيئات مثل: جزيئات الأوزون O_3، وأكاسيد النتروجين NO، NO_2، وأكاسيد الكلور مثل CLO، وكذلك لقياس تركيز بعض الأحماض مثل: حمض النتريك HNO_3، وحمض الهدروكلوريك HCL وغير ذلك من الشوائب التي قد توجد في طبقات الجو فوق المنطقة القطبية.

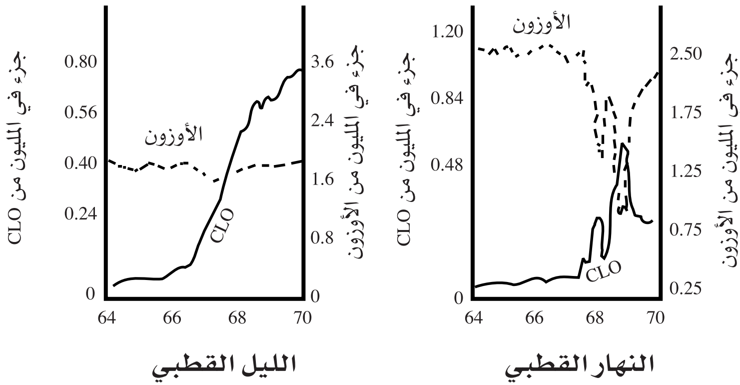
وفي 16 سبتمبر 1987 اجتمعت 14 دولة في مونتريال بكندا، ووقعت هذه الدول بروتوكول اتفاقية نافذة المفعول في أول يناير 1989 لتنظيم استعمال المواد التي تؤثر في طبقة الأوزون، وتعتبر هذه الاتفاقية امتدادا لمؤتمر فينا الذي عقد في عام 1985 لحماية طبقة الأوزون.

وقد اهتم كثير من الهيئات العلمية بمشكلة تدمير طبقة الأوزون المحيطة بالأرض، فقامت جماعة ألمانية فرنسية في يناير 1988 بقياس نسبة الأوزون في الجو في شمال السويد وحول القطب الشمالي.

كذلك قامت جماعة أمريكية عام 1987 تحت اسم «التجارب الجوية لأوزون المنطقة القطبية الجنوبية» Airborne Antarctic Ozone (AAOE) Experiment بإجراء بحوث في هذا الاتجاه، ووضع تحت تصرف هذه الجماعة طائرتين مجهزتين بكثير من الأجهزة المتقدمة: إحداهما طائرة من نوع (DC8) تطير على ارتفاع 12 كيلومترا، والأخرى طائرة (ER2) وهي من نوع طائرات (LL2) التي تطير على ارتفاعات عالية، وقامت الطائرة الأولى بتغطية نحو 14000 من الكيلومترات فوق منطقة القطب الجنوبي، بينما قامت الطائرة الثانية بتغطية نحو 70000 كيلومتر فوق المنطقة نفسها، وقامت هذه الجماعة بقياس تركيز كل من الأوزون، وبخار الماء، وأكاسيد النتروجين،

والكلور، والميثان، ومركبات الكلورو فلورو كربون بالإضافة إلى تركيز الشوائب الأخرى والأحماض التي قد توجد في طبقات الجو العليا في هذه المناطق.

وعند تحليل النتائج التي حصلت عليها هذه الجماعة تبين أنه في أثناء الليل القطبي يكون تركيز الأوزون منتظما في شمال وجنوب المنطقة القطبية، ولكن قيمته تكون قليلة إلى حد ما، بينما تزداد نسبة مركب الكلور CLO اتجهنا جنوبا،(شكل 9).



شكل (9)

ينتظم الأوزون أثناء الليل في شمال المنطقة الجنوبية بينما يزداد تركيزcloكلما اتجهنا جنوبا. أما النهار فيقل تركيز الأوزون كلما اتجهنا جنوبا.

ويحدث العكس أثناء النهار القطبي، فيكون تركيز الأوزون أعلى قليلا من تركيزه في الليل القطبي، ويقل هذا التركيز كلما اتجهنا جنوبا.

ويتبين من نتائج هذه البحوث أن ثقب الأوزون فوق المنطقة القطبية الجنوبية قد أصبح أكثر وضوحا مما كان عليه في عام 1986، وأنه قد بدأ بالانحدار الأفقي في منطقة محيطة بالقطب الجنوبي.

كذلك اتضح أن انخفاض نسبة الأوزون يكون أوضح ما يمكن على ارتفاع 12-20 كيلو مترا من سطح الأرض، وأن هذا الانخفاض يتفق تماما مع القياسات الواردة من الأقمار الصناعية.

وقد ثبت الآن أن نسبة الأوزون فوق منطقة القطب الجنوبي قد أصبحت مساوية لثلث نسبة الأوزون المحيط بالمناطق الأخرى من الأرض.

وقد لاحظت هذه البعثات العلمية أن تركيز مركب الكلور (CLO) يزداد في طبقات الجو العليا، كما لاحظت «بعثة الأوزون الأهلية»(NOZE) National Ozone Expedition المقيمة في محطة «ماك موردو» أن نسبة (CLO) قد ازدادت كثيرا في عام 1987 على ما سبق لهذه البعثة نفسها أن سجلته في العام السابق في طبقات الجو العليا في القطب الجنوبي.

ومن المعتقد الآن أن مركب الكلور (CLO) هو واحد من أهم المواد المسببة لتفكك جزيئات الأوزون، ويتكون هذا المركب من تحلل جزيئات مركبات الكلورو فلورو كربون التي يطلقها الإنسان كل يوم في الهواء، ويتضح ذلك بجلاء من المنحنى السابق، (شكل 9)، حيث تنخفض نسبة الأوزون أثناء النهار القطبي في الوقت الذي يزداد فيه تركيز (CLO) في الجو.

وقد نشر في مارس 1988 أول تقرير عن أعمال مجموعة من الهيئات والمؤسسات تعرف باسم (Ozone Trend Panel)، وتقوم بمتابعة موقف الأوزون الحالي، وتضم هذه المجموعة هيئة الفضاء الأمريكية (NASA)، والإدارة الأهلية لدراسة الأجواء والمحيطات (NOAA)، وإدارة الطيران الأهلية (FAA) Federal Aviation Administration، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) United Nations Environmental Program.

ويتبين من تقرير هذه المجموعة أن نسبة الأوزون في طبقات الجو فوق منطقة القطب الجنوبي قد قلت كثيرا في عام 1985 عن أول قياس تم أخذه للأوزون في المنطقة نفسها منذ عام 1978.

ومن حسن الحظ أن هناك هيئات عالمية كثيرة تعمل معا لحل هذه المشكلة والوصول إلى أسبابها الحقيقية، وعلى رأس هذه الهيئات هيئة الأمم التي أقامت قاعدة للمعلومات الدولية ومصادرها (GRID) ضمن برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP)، وتوجد حاليا ثلاثة مراكز في نيروبي، وجنيف، وبانكوك، وهي عبارة عن شبكة لرصد المعلومات المتعلقة بالبيئة لتوفيرها لكل الجهات التي تطلبها من حكومات وهيئات ومراكز بحث وغيرها.

وقد افتتحت رئيسة وزراء النرويج دكتورة جروهارلم برونتلاند حديثا مركزا رابعا يكمل المراكز الثلاثة الأولى، وقد أقيم هذا المركز في مدينة «أرندال» جنوب النرويج، وزود بكثير من أجهزة الرصد، والاتصال، وبالعقول

الإلكترونية، ورصدت له الحكومة النرويجية 4, 1 مليون دولار. وسيقوم هذا المركز مثل المراكز الثلاثة الأخرى بجمع المعلومات الخاصة بالبيئة والتغيرات الجوية، كما سيقوم بجمع المعلومات عن المنطقة القطبية الشمالية، ومعلومات عن زيادة التلوث وأثر ذلك في الغابات وفي طبقة الأوزون.

وقد اجتمع علماء 48 دولة في شهر أغسطس (آب) 1989 في مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة المنعقد في نيروبي، وأطلقوا صرخة تحذير من العواقب الوخيمة للأضرار التي قد تنشأ عن تدمير طبقة الأوزون.

وقد صرح «دكتور جان فان ديرليون» رئيس المجموعة العلمية في هذا المؤتمر بان هناك خطرا متزايدا على إمدادات الغذاء بالنسبة لكل سكان العالم، وذلك لأن النقص في الأوزون سيؤثر بطريقة غير مباشرة في الطاقة الإنتاجية للمحاصيل، وفي الثروة السمكية، وأن أي نقص في إنتاج الغذاء ولو بدرجة ضئيلة سيؤثر تأثيرا سيئا خصوصا في المواطنين الذين يعيشون في المناطق التي تعاني بالفعل من المجاعة في دول العالم الثالث، هذا بالإضافة إلى ما قد يسببه نقص الأوزون من مخاطر ارتفاع درجة الحرارة، وارتفاع مستوى مياه البحر، وما قد يسببه هذا النقص من الإصابة بسرطان الجلد.

8 الأمطار الحمضية

الأمطار الحمضية ظاهرة حديثة لفتت الأنظار هذه الأيام بعد أن سببت كثيرا من الأضرار لمختلف عناصر البيئة المحيطة بنا.

ويبدو أن ظهور هذه الأمطار الحمضية قد صاحب بداية الثورة الصناعية في منتصف القرن التاسع عشر، فقد جاء ذكر هذه الأمطار في تقرير كتبه كيميائي بريطاني، عام 1972، يدعى «روبرت انجوس سميث» (Robert Angus Smith). ويقع هذا التقرير في حوالي 600 صفحة، وربط فيه هذا الكيميائي البريطاني، لأول مرة، بين الدخان والرماد المتصاعد في الهواء من مداخن المصانع في مدينة مانشستر بإنجلترا، وبين تلك الحموضة التي لوحظت في مياه الأمطار المتساقطة على المناطق المحيطة بهذه المدينة.

ولم ينتبه أحد إلى أهمية هذا التقرير، وطوي في زوايا النسيان حتى بدأت الثورة الصناعية التي تلت الحرب العالمية، والتي استخدم فيها مزيدا من أنواع الوقود مثل الفحم وزيت البترول للحصول على الطاقة الحرارية، ولتشغيل الآلات والمحركات، والتي أدت إلى تزايد تلوث الجو فوق المدن وحول المناطق الصناعية ومحطات القوى.

ولم يتنبه المجتمع الغربي إلى خطورة هذه الأمطار إلا منذ أعوام قليلة، وذلك عندما لاحظ عالم سويدي، عام 1967، يدعى «سفانت أودين» (Svante Oden)، وهو من علماء التربة، أن الأمطار التي تتساقط فوق بعض مناطق السويد تزيد نسبة حموضتها مع الزمن.

وقد بين هذا العالم أن هذه الأمطار تنتج من ذوبان الغازات الحمضية التي تتصاعد من مداخن المصانع في بخار الماء الموجود في الجو، ونبه هذا العالم إلى خطورة هذه الأمطار الحمضية، وإلى آثارها المدمرة في مختلف عناصر البيئة الطبيعية المتوازنة، وأطلق على هذه الأمطار ذلك الاسم الدرامي «حرب الإنسان الكيميائية ضد الطبيعة».

وقد كان هناك من يعتقدون أن الأمطار الحمضية ما هي إلا نتيجة بعض العوامل الطبيعية التي لا دخل فيها للإنسان، مثل: تلك الغازات الحمضية التي قد تتدفق أحيانا من جوف البراكين، أو التي قد تنتج من حرائق الغابات، أو تنتج عند تحلل بقايا النباتات والحيوانات.

ولو أننا دققنا النظر لوجدنا أن مثل هذه العوامل الطبيعية تحدث منذ القدم، فالبراكين قد تثور في بعض الأحيان، وحرائق الغابات قد تحدث من حين لآخر، والبكتيريا تقوم بتحليل أجساد الكائنات الميتة كل يوم، ولكن الأمطار الحمضية لم تظهر بشكلها الحالي والحاد إلا في هذا القرن الأخير، ولا بد من أنها ترتبط بشيء جديد حدث في هذا القرن فقط.

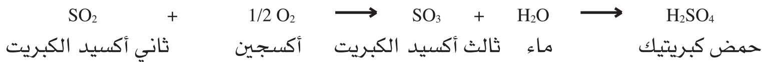
وقد تبين حاليا، بما لا يدع مجالا للشك، أن السبب الرئيس في تكوين الأمطار الحمضية هو محطات القوى والمراكز الصناعية الضخمة التي تنتشر في كثير من الدول، والتي تحرق كميات ضخمة من الوقود، وتدفع إلى الهواء يوميا بكميات هائلة من الغازات الحمضية مثل: ثاني أكسيد الكبريت، وكبريتيد الهيدروجين، وأكاسيد النتروجين.

ولا يقتصر تأثير هذه الغازات على المناطق التي خرجت منها، وذلك لأن الرياح تحمل هذه الغازات من مكان لآخر، وبذلك يمتد فعلها أحيانا إلى مسافات بعيدة كل البعد عن المصدر الذي خرجت منه.

ولا توجد هناك فكرة واضحة عن الطريقة التي تتكون بها الأمطار الحمضية في الهواء الجوي، ولكن يعتقد أن الغازات المحتوية على الكبريت، وأهمها غاز ثاني أكسيد الكبريت، تتفاعل مع أكسجين الهواء في وجود

الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، وتتحول إلى أكسيد آخر من أكاسيد الكبريت يعرف باسم ثالث أكسيد الكبريت، الذي يتحد بعد ذلك مع بخار الماء الموجود في الجو ليعطي حمضا قويا يعرف باسم حمض الكبريتيك.

ويبقى حمض الكبريتيك المتكون معلقا في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لآخر.



وقد يتحد جزء من رذاذ هذا الحمض مع بعض المواد القلوية التي قد توجد في الهواء مثل: النشادر، وينتج في هذه الحالة مركب جديد يعرف باسم كبريتات النشادر.

وعندما يكون الجو جافا، ولا توجد هناك فرصة لسقوط الأمطار ، فإن رذاذ حمض الكبريتيك ودقائق كبريتات النشادر يبقيان معلقين بالهواء الساكن، ويظهران على هيئة ضباب خفيف ذي طعم لاذع.

وعندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط الأمطار، فإن كلا من هذه الجسيمات والدقائق تذوب في ماء المطر، وتسقط معه على سطح الأرض على هيئة مطر حمضي.

وعندما يكون الجو شديد البرودة، فإن رذاذ الحمض يتساقط مع الجليد ويبقى مختلطا ببلوراته التي تكسو سطح الأرض.

وتشترك أكاسيد النتروجين مع أكاسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحمضية، وتنشأ أكاسيد النتروجين من إحراق الوقود في محطات القوى والمنشآت الصناعية وفي آلات الاحتراق الداخلي.

وتتحول أكاسيد النتروجين في وجود أكسجين الجو والأشعة فوق البنفسجية إلى حمض قوى آخر يعرف باسم حمض النتريك، ويبقى هذا الحمض معلقا بالهواء الساكن، وينزل مع مياه الأمطار مثل حمض الكبريتيك مكونا الأمطار الحمضية.

ويعتبر ماء المطر حمضيا عندما يكون تركيز أيون الهيدروجين فيه أكثر من تركيز أيون الهيدروجين في الماء.

ويستخدم العلماء ما يعرف بالرقم الهيدروجيني للتعبير عن حموضة المحاليل أو قلويتها. فالماء المتعادل يكون رقمه الهيدروجيني 7، فإذا زاد هذا الرقم عن ذلك فاصبح 8 أو 9 أو أكثر من ذلك كان المحلول قلويا مثل: محلول الصودا الكاوية، أو محلول كربونات الصوديوم.

أما إذا قل الرقم الهيدروجيني للمحلول عن 7، فاصبح 6 أو 5 أو اقل من ذلك كان المحلول حمضيا مثل: عصير الطماطم، أو عصير الليمون، أو الخل، (شكل 10).

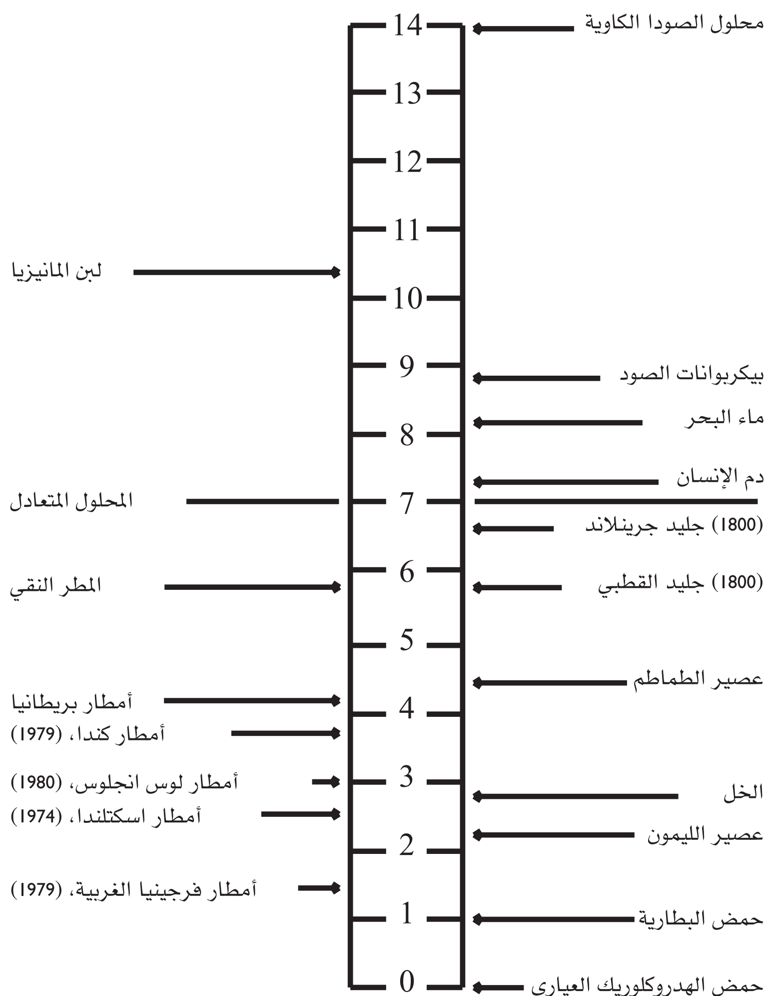
ولهذه الأمطار الحمضية آثار سيئة. فهي عندما تسقط على سطح الأرض تتفاعل مع بعض مكونات التربة القلوية وتعادلها، كما أنها تساعد كذلك على تفتيت كثير من الصخور.

وتبلغ حموضة الأمطار التي تسقط على المناطق الشمالية من أوروبا الغربية حدا كبيرا، فقد يبلغ رقمها الهيدروجيني نحو 4-4,5، وقد تصل أحيانا إلى 3، وهو ما يعادل نحو 100 مليجرام من حمض الكبريتيك في كل لتر من الماء.

وعندما تسقط هذه الأمطار الحمضية على الأراضي الجيرية، مثل حوض الأراضي المحيطة بباريس في فرنسا، فإنها تذيب قدرا كبيرا من عنصر الكالسيوم الموجود في التربة وتحمله معها إلى مياه الأنهار، وتؤدي هذه العملية إلى حدوث عدة أضرار. م ولها حدوث نحر في التربة، وثانيها زيادة مطردة في تركيز الكالسيوم في مياه الأنهار، بالإضافة إلى أن ذوبان بعض هذه الفلزات الهامة في مياه الأمطار الحمضية يبعدها عن جذور النباتات. ومن أمثلة هذه الفلزات: الكالسيوم، والبوتاسيوم، والماغنسيوم التي تحملها مياه الأمطار إلى المياه الجوفية بعيدا عن جذور النباتات مما يقلل من جودة المحاصيل، ويقلل عن إنتاجها، (مرجع رقم 31).

وعندما تسقط هذه الأمطار الحمضية على الأراضي ذات التربة الجرانيتية، كما في دول السويد والنرويج وفنلندا، فهي تؤدي إلى تفتت بعض هذه الصخور وترفع من حموضة البحيرات، (مرجع رقم 31).

وتؤدي الأمطار الحمضية إلى الإضرار بكثير من المجاري المائية المكشوفة، البحيرات المقفلة خاصة، فهي ترفع من حموضة هذه البحيرات، وقد تقضي هذه الحموضة الزائدة على كل ما في هذه البحيرات من كائنات. وقد



شكل (10)

بيان بالرقم الهيدروجيني، أو درجة حموضة الأمطار التي تساقطت على بعض المناطق مع ذكر العام أمام كل منها، ومقارنتها ببعض السوائل والمحاليل الطبيعية المعروفة، (مرجع رقم 32).

لوحظ مثل هذه الظاهرة في بعض الأنهار الأوروبية التي تتساقط عليها الأمطار الحمضية بشكل دوري. ومن أمثلة ذلك نهر «توفدال» (Tovdal) بالنرويج، وقد اشتهر هذا النهر بهجرة أسماك السلمون إليه في موسم معين من كل عام، ولكنه أصبح اليوم، نتيجة الأمطار الحمضية التي تسقط عليه كل عام، نهرا مهجورا، لا يرده سمك السلمون، ولا توجد فيه حياة من أي نوع.

ولا يقتصر التلوث على المناطق الصناعية التي تتكدس فيها المصانع، أو على المدن المزدحمة بالسكان وبوسائل المواصلات، ولكن هذا الوباء الخطير قد امتد إلى كثير من المناطق الريفية الجميلة، وحتى المناطق المنعزلة تماما عن العمران قد وصلت إليها الأمطار الحمضية، أو سقط عليها الجليد المشبع برذاذ الأحماض.

وعلى الرغم من أن المطر المعتاد لا يكون متعادلا على الدوام، بل يكون مائلا للحموضة في أغلب الأحيان نتيجة ذوبان بعض غاز ثاني أكسيد الكربون فيه، وقد يبلغ الرقم الهيدروجيني لهذا المطر نحو 5,6، إلا أن ما نقصده هنا هو تلك الأمطار التي يقل رقمها الهيدروجيني عن ذلك، مثل: تلك الأمطار التي تسقط على بريطانيا ودرجة حموضتها 4,5، وأمطار اسكتلندا ودرجة حموضتها تصل أحيانا إلى 2,5، أو الأمطار التي سقطت في فرجينيا الغربية عام 1979، وكانت درجة حموضتها 1,5 تقريبا. وكانت هذه الأمطار تشبه حمض البطاريات المستعمل في البطاريات السائلة، (شكل 10).

وقد زادت حموضة كثير من البحيرات في النصف الثاني من هذا القرن، ومن أمثلة ذلك أن ولاية نيويورك كان بها عام 1930 نحو 8 بحيرات تقل حموضتها عن 5، ووصل عدد هذه البحيرات في عام 1974 إلى نحو 109 بحيرات، (مرجع رقم 33).

وقد تسببت هذه الحموضة في خلو هذه البحيرات من الكائنات الدقيقة ومن الأسماك، وحتى النباتات لم تستطع أن تتأقلم مع هذه الظروف الجديدة، فذبل أغلبها ومات، ولم يتبق بهذه البحيرات الحمضية إلا بعض أنواع الفطريات التي استطاعت أن تقاوم تأثير الوسط الحمضي.

وقد استطاع بعض البحيرات أن يقاوم تأثير الأمطار الحمضية في

حدود معينة، وذلك لأن قيعان بعض هذه البحيرات كانت تحتوي على صخور قلوية كان لها بعض الأثر في معادلة الأمطار الحمضية، والاحتفاظ بمياه هذه البحيرات في حالة متعادلة.

ومن الطبيعي أن هذه حالات نادرة. فاغلب البحيرات التي تعرضت للأمطار الحمضية زادت حموضة مياهها، وأصبحت لا تصلح لمعيشة الكائنات الحية.

وهناك نحو ألفي بحيرة في منطقة أونتاريو تحولت مياهها من مياه متعادلة إلى مياه حمضية بسبب هذه الأمطار، كذلك هناك عدة أنهار في نوفاسكوتشيا خلت تماما من سمك السلمون الذي تعود أن يهاجر إليها كل ربيع.

كذلك تبين أن حوالي 20٪ من بحيرات السويد تعاني الآن من ارتفاع حموضة مياهها للأسباب السابقة نفسها.

ولا تتوقف أضرار الأمطار الحمضية على تلوث المجاري المائية فقط، بل يمتد هذا الضرر إلى المحاصيل الزراعية والغابات. وتقاسي ألمانيا الغربية من هذه الظاهرة، فيقدر ما تخسره سنويا من أشجار الغابات والأخشاب بسبب هذه الأمطار الحمضية بنحو 800 مليون دولار، بالإضافة إلى ما يتلف من المحاصيل الزراعية الأخرى التي تقدر قيمتها بنحو 600 مليون دولار في العام.

وفي بعض الأحيان تؤثر الأمطار الحمضية في مياه الشرب، فقد لوحظ أن مياه أحد الخزانات بولاية ماساشوستس بالولايات المتحدة، ويعرف باسم «خزان كوابين» (Quabbin Reservoir)، قد زادت حموضتها بشكل ملحوظ نتيجة سقوط الأمطار الحمضية مدة طويلة من العام.

وقد تسببت هذه المياه الحمضية في تآكل بعض قنوات المياه، وبعض المعدات المعدنية المتصلة بهذا الخزان، كما زادت نسبة الرصاص في مياه الشرب المأخوذة من هذا الخزان، مما يمثل خطرا كبيرا على الصحة العامة.

وتؤدي الأمطار الحمضية إلى إذابة نسبة كبيرة من بعض الفلزات الثقيلة من التربة، وتحملها معها إلى مياه البحيرات. ومن أمثلة هذه الفلزات: الرصاص، والزئبق، والألومنيوم، وهي تسبب كثيرا من الضرر للكائنات الحية التي تعيش في هذه المياه، لأنها تتجمع بمرور الزمن في أجسامها.

وقد قلت أعداد الطيور في بعض هذه المناطق بعد أن قتل كثير منها نتيجة غذائها على الحشرات التي. تحتوي أجسامها على نسبة عالية من الألومنيوم الذي جرفته مياه الأمطار الحمضية من سطح التربة، وحملته إلى الماء.

وتمتد الآثار الضارة للأمطار الحمضية إلى المدن، ويمكن مشاهدة هذه الآثار في كثير من العواصم الأوروبية. ففي لندن يلاحظ تفتت بعض أحجار برج لندن، وكنيسة «وستمنستر آبي»، كما يشاهد ذلك بشكل أوضح في كنيسة «سانت بول» التي أقيمت في عام 1765، فقد بلغ عمق التآكل في بعض أحجارها الجيرية نحو بوصة كاملة نتيجة التفاعل بين هذه الأحجار وبين غاز ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك المحمل بهما ضباب لندن الشهير بالإضافة إلى الأمطار الحمضية التي تسقط على المدينة من حين لآخر. وقد يمكن حماية المباني أو التماثيل من هذه الأمطار الحمضية، بطلائها بأنواع مستحدثة من الطلاء، ولكن تصعب حماية التربة، أو الأنهار، أو البحيرات من خطر هذه الأمطار.

وقد حاول بعض العلماء استخدام الجير في معادلة مياه بعض البحيرات التي تتعرض للأمطار الحمضية، وذلك برش رذاذ من هذا الجير على سطح الماء من زوارق خاصة تطوف بكل أرجائها. وتعتبر هذه الطريقة تقليدا لما يفعله المزارعون عندما ينثرون مسحوق الجير على سطح التربة الحمضية قبل ريها لمعادلة حموضتها.

ولا تعتبر هذه الطريقة أسلوبا مثاليا لحل مشكلة زيادة حموضة البحيرات بتأثير الأمطار الحمضية، وذلك لأنها تتطلب مزيدا من الجهد والمال، بالإضافة إلى أن هناك آلافا من هذه البحيرات التي تحتاج لمثل هذه المعادلة، كما أن هذه الطريقة تتطلب دقة كبيرة في استخدام الجير حتى لا ينقلب الحال وتتحول مياه البحيرات إلى مياه قلوية.

ولا تقتصر ظاهرة الأمطار الحمضية على أوروبا وأمريكا فقط. فقد بدأ بعض البلاد الأخرى مثل: الاتحاد السوفيتي، والصين، بالمعاناة من هذه الأمطار.

وعادة ما تحتوي أنواع الوقود المستعملة في إنتاج الطاقة على قدر صغير من الكبريت قد يصل إلى15 , ٪-3 ٪ بالوزن، ونظرا لاستعمال ملايين

الأطنان من هذا الوقود كل عام في الدول الصناعية الكبيرة فقد قدرت كمية غاز ثاني أكسيد الكبريت التي تطلقها المناطق الصناعية في أوروبا في الهواء بنحو 50 مليونا من الأطنان كل عام، بينما تقدر هذه الكمية في أجواء الولايات المتحدة وحدها بنحو 40 مليونا من الأطنان. ويعاني كثير من الدول من هذه الأمطار الحمضية رغم أنها ليست من إنتاجها، فنجد أن دولا أوروبية مثل: النمسا، وفنلندا، والنرويج، والسويد، وسويسرا تستقبل أمطارا محملة بمركبات الكبريت لا تنتجها هي، على حين أن دولا أخرى مثل. ألمانيا، وبلجيكا، وهولندا، والدانمرك، وفرنسا، وبريطانيا هي التي تصدر إليها هذه الأمطار المزعجة.

ومن المقدر أن نحو 250000 طن من الكبريت ترسبت في أرض النرويج عام 1974، منها نحو 30000 من الأطنان من إنتاجها، ونحو 60000 من الأطنان حملتها إليها الرياح الغربية من بريطانيا، والباقي من الدول الأوروبية الأخرى.

ولهذا السبب نجد أن الدول الاسكندنافية هي الدول الدافعة والمحركة لوضع برنامج تعاوني بين دول أوروبا للحد من الأمطار الحمضية التي تعبر الحدود بين الدول.

وتتهم الحكومة الكندية الولايات المتحدة بأنها هي التي تصدر إليها الأمطار الحمضية التي تتساقط على أراضيها كل عام، وتقدر كمية الأحماض التي تحملها هذه الأمطار بنحو 12 مليون طن، يأتي نحو 50٪ منها من وادي أوهايو بالولايات المتحدة.

وقد عبر أحد العلماء عن هذا الوضع بقوله إن الرياح السائدة فوق كل من كندا والولايات المتحدة تبدأ من خليج المكسيك، وتهب على مناطق وسط وغرب القارة الأمريكية، وتحمل معها في طريقها كما هائلا من الغازات الحمضية وبخار الماء، تتساقط في نهاية الأمر على هيئة أمطار حمضية فوق الأراضي الكندية، وشبه ذلك بقوله ساخرا: «إننا نقف في نهاية أنبوبة عادم جغرافية بالغة الضخامة».

وقد فطن كثير من الدول إلى الأخطار الناتجة من هذه الأمطار الحمضية، ولهذا فقد اجتمعت ثلاث وثلاثون دولة في جنيف بسويسرا عام 1979، ووقعت اتفاقا تعهدت فيه كل هذه الدول ببذل مزيد من الجهد للسيطرة على ظاهرة التلوث، وبخاصة تلوث الهواء المسبب للأمطار

الحمضية.

وقد تعهدت هذه الدول بوضوح بالبحث عن طرائق جديدة وأساليب متقدمة للحد من كمية غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يتصاعد يوميا في الجو نتيجة إحراق مختلف أنواع الوقود، باعتبار هذا الغاز هو أحد المكونات الرئيسة للأمطار الحمضية في كل مكان.

كذلك وقعت كل من كندا والولايات المتحدة وثيقة، عام 1980، تعهدت فيها كل منهما بالتعاون في محاولة للحد من كميات الغازات الحمضية المتدفقة من منشآتهما الصناعية، والمسببة للأمطار الحمضية.

وهناك محاولات أخرى جادة للسيطرة على خطر الأمطار الحمضية، ففي الولايات المتحدة تجرى هناك محاولات لتعديل القانون الخاص بالمحافظة على نظافة الهواء (Clean Air Act) الصادر عام 1970، بحيث يمكن خفض كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المتصاعدة في الهواء سنويا بمقدار عشرة ملايين من الأطنان على أن يتم ذلك تدريجيا خلال عشر سنوات.

وقد قدم بعض الاقتراحات الغريبة لحل هذه المشكلة، فقد رأى البعض أنه يمكن زيادة ارتفاع مداخن المصانع بحيث يمكن إطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت على ارتفاع كبير فوق السحب.

وقد أخذ بهذا الرأي في كل من كندا والولايات المتحدة عام 1970، وبلغ ارتفاع بعض هذه المداخن نحو 1250 قدما فوق سطح الأرض.

ولم تنجح هذه الفكرة في خفض كميات الأمطار الحمضية، وكل ما فعلته هذه المداخن شاهقة الارتفاع أنها دفعت بالغازات الحمضية إلى مناطق أعلى في الجو، وبالتالي أدت إلى سقوط الأمطار الحمضية فوق مناطق أكثر بعدا من ذي قبل.

ويرى كثير من العلماء أن هناك ضرورة ملحة للتخلص من هذه الغازات الحمضية قبل إطلاق غازات العادم الصناعية في الهواء، وأننا قد نكون اليوم في موقف مناسب يسمح لنا بحل هذه المشكلة، وأن أي تأخير في تقديم الحلول المناسبة سيؤدي إلى استعمال خطرها، وإلى حدوث أضرار بالبيئة قد لا يمكن علاجها فيما بعد.

ويبدي بعض رجال الصناعة شيئًا كثيرا من التراخي في الأخذ ببعض

الحلول والاقتراحات المقدمة في هذا الشان، وهم يرون أن التخلص من الغازات الحمضية من غازات العادم الصناعية سيحتاج إلى بناء أبراج غسيل خاصة لامتصاص هذه الغازات، وسيؤدي ذلك إلى رفع تكاليف العمليات الصناعية وسيقلل من أرباحهم، وقد يؤدي إلى رفع الأسعار، ويضع حملا ثقيلا على كاهل المستهلكين، وقد يؤدي إلى خفض الإنتاج وزيادة البطالة.

ويقدر بعض رجال الصناعة أن تنقية غازات العادم الصناعية من الغازات الحمضية، على مستوى الولايات المتحدة وحدها، سيتكلف ملايين الدولارات، وقد يسبب ذلك أزمة اقتصادية لبعض الصناعات الصغيرة التي تقع في وسط وغرب الولايات المتحدة.

ومع ذلك فهناك حاليا اهتمام عالمي بمشكلة التلوث. ومن بين هذه المشاكل الأخطار الناتجة من الأمطار الحمضية، ومن أمثلة هذا الاهتمام: تلك الجهود التي تبذلها هيئة الأمم، وتلك الاعتمادات الضخمة التي تعتمدها الدول الصناعية لإجراء مزيد من البحوث الخاصة بالتغلب على مشكلة هذه الأمطار. وقد اعتمدت الولايات المتحدة ثمانية عشر مليونا من الدولارات عام 1982 , و 22 مليونا من الدولارات عام 1983 للتقليل من خطورة هذه الأمطار الحمضية على البيئة، وعلى صحة الإنسان.

٩ التلوث بالعناصر الطبيعية

يشترك كثير من العوامل في إحداث بعض التلوث في البيئة المحيطة بنا. وبعض هذه العوامل عوامل طبيعية لا دخل للإنسان فيها، مثل البراكين التي تتدفق منها أنواع من الغازات الضارة، وكميات ضخمة من الرماد والحمم، ومثل العواصف التي قد تحمل معها كميات هائلة من الرمال، وتتلف المزروعات والمحاصيل، ومنها عوامل أخرى يشترك فيها الإنسان مع الطبيعية في الإخلال بالتوازن الطبيعي القائم بين عناصر البيئة المختلفة مثل: إقامة السدود على الأنهار، وردم البرك والبحيرات.

كذلك قد ينشأ هذا التلوث نتيجة تكوين بعض أكاسيد النتروجين عند حدوث تفريغ كهربائي في السحب الرعدية، أو بسبب وجود بعض حبوب اللقاح، أو بعض الفطريات في الهواء في مواسم معينة، أو نتيجة وجود بعض أنواع البكتيريا والجراثيم في الماء أو الهواء عند تعفن أجساد الطيور، أو الحيوانات، أو نتيجة تعفن بعض فضلات الحيوان أو الإنسان.

البراكين:

تمثل البراكين أحد العوامل الطبيعية الهامة التي

تتسبب في تلوث البيئة بشكل عام.

وتدفع هذه البراكين عند ثوراتها بكميات هائلة من بخار الماء والغازات المحملة بالرماد في الهواء، كما تتدفع منها الحمم التي تتكون من صخور منصهرة لتغطي سطح الأراضي المحيطة بها.

وتبلغ كمية بخار الماء الخارج من فوهة البركان حدا هائلا في بعض الأحيان، وقد قدر حجم هذا البخار المتصاعد من بركان «إتنا» بصقلية في إحدى دورات نشاطه، بحوالي 2000 مليون لتر، وقد تصل درجة حرارة هذا البخار إلى نحو 500م.

وتتنوع الغازات الخارجة من فوهة هذه البراكين. فهي تتكون عادة من خليط من ثاني أكسيد الكربون، وأول أكسيد الكربون، والميثان، والهيدروجين، وبعض الأكسجين، كما يصاحبها في كثير من الأحيان بعض الغازات حمضية التأثير مثل: غاز ثاني أكسيد الكبريت، وغاز كبريتيد الهيدروجين، وغاز كلوريد الهيدروجين، وهي غازات شديدة الضرر بالبيئة كلها، وبصحة الإنسان.

ولا يقتصر ضرر هذه الغازات على المناطق المحيطة بالبركان، ولكنها سريعا ما تختلط بمكونات الهواء، وتحملها الرياح لتنتشر في كل مكان.

وعادة ما يصاحب هذه الغازات كميات ضخمة من الرماد الذي قد يبقى معلقا بالهواء مدة ما، وقد تحمله الرياح ليتساقط على سطح الأرض في أماكن تبعد كثيرا عن موقع البركان.

ومن أمثلة ذلك بركان «تامبورا» (Tambora) الذي ثار في إحدى جزر إندونيسيا عام 1815، فقد كان الرماد المتصاعد منه بالغ الكثافة حتى أن العام التالي لانفجاره، وهو عام 1986، سمي عاما بلا صيف بسبب تعلق هذا الرماد بالهواء وامتصاصه لأشعة الشمس فوق بعض الجزر الإندونيسية.

وقد حملت الرياح بعض هذا الرماد ليتساقط على جزيرة «بورنيو» التي تبعد عن البركان بحوالي 1400 كيلومتر.

كذلك قدرت كمية الرماد المتصاعدة من بركان آخر انفجر في نيكاراجوا عام 1833، ويعرف باسم بركان «كوسيجوينا» (Coseguina)، بما يقرب من 4700 مليون طن، وحملت الرياح هذا الرماد الكثيف إلى مسافات بعيدة، تبعد عن البركان بنحو 1300 كيلومتر.

أما في حالة بركان «كتامي» (Katami) الذي ثار في ألاسكا عام 1912 فقد تسبب الرماد الكثيف المتصاعد منه في تغطية سطح التربة بطبقة من هذا الرماد يزيد سمكها على الثلاثين سنتيمترا في مناطق تبعد عنه بمقدار 160 كيلومترا.

وقد بلغت المساحة التي تغطت بهذه الطبقة السميكة من الرماد نحو خمسة آلاف كيلومتر مربع، كما تغطت التربة في المناطق التي تبعد عن ذلك بطبقة أخرى من الرماد يصل سمكها إلى نحو ستة مليمترات في مساحة هائلة قدرت بنحو خمسين ألفا من الكيلومترات المربعة.

كذلك عندما انفجر بركان «كراكتاو» (Karakatao)، في إحدى جزر إندونيسيا عام 1883 سمع صوت انفجاره الهائل على بعد نحو 500 كيلو متر منه، وتصاعدت منه كميات هائلة من الرماد حتى أن بعضا من هذا الرماد سقط على مسافات شاسعة منه، فوق سطح الأرض في هولندا.

ويعتقد بعض العلماء أن هذه الانفجارات البركانية تؤثر إلى حد ما في حالة جو الأرض، وعلى طبيعة مناخها مثل «ميتشل» (J. M. Mitchell)، (مرجع رقم 34).

وقد أدى انفجار بركان سانت هيلين بالولايات المتحدة في مايو عام 1980 إلى تصاعد كميات هائلة من الرماد إلى ارتفاع يزيد على 20 كيلومترا في الهواء، وكان أغلب هذه الشوائب على هيئة كبريتات، وقدرت كميتها بنحو 300000 طن، وزادت كميتها إلى 900000 طن بعد ثلاثة أشهر من الانفجار، وامتصت قدرا كبيرا من إشعاعات الشمس.

كذلك أثرت الشوائب والرماد المتصاعد من بركان «كراكتاو» في صفاء الجو في المناطق المحيطة به بنسبة تصل إلى نحو 20 ٪ في الأسابيع الأولى، وإلى نحو 10٪ في الشهور التالية للانفجار.

وقد بينت قياسات محطة «مونالوا» بهاواي، أن التغير الناتج من حالة الجو حول بركان «أجونج» (Agung) الذي انفجر في إندونيسيا عام 1963 كان ملحوظا لمدة عام كامل، وقدر «نيوويل» (Newell)،) مرجع 35 (، أن درجة حرارة الجو في هذه المناطق قد ارتفعت عدة درجات.

ويطلق بعض هذه البراكين كميات ضخمة من الطاقة تزيد على 10^{16} جول، وهو ما يكافئ الطاقة الناتجة من قنبلة قوتها 2 ميجا طن من ثلاثي

نتروالطولوين (T.N.T.).

وعلى الرغم من أن هذه الطاقة المنطلقة من البراكين ضئيلة جدا بالنسبة لطاقة الشمس التي تسقط على سطح الأرض إلا أنها تؤثر إلى حد ما في المناطق المحيطة بالبراكين، كما أن كمية الشوائب الخارجة منها، وكمية الغازات الحمضية المتصاعدة منها مثل: فلوريد الهيدروجين، وكلوريد الهيدروجين، وثاني أكسيد الكبريت، لها أثر كبير في الاتزان المناخي للأرض.

ويبدو تأثير هذه البراكين في جو الأرض بوضوح إذا علمنا أن البحوث العلمية قد بينت أن نسبة الكبريتات، وهي أحد مكونات رماد البراكين، قد تضاعفت في جليد القطب الجنوبي في المدة من عام 1450 إلى عام 1850، وهي الفترة التي سميت فيما بعد العصر الجليدي الصغير، والتي تميزت ببرودة الجو.

وهناك بعض البراكين التي تتكون في قاع البحار مثل. بركان «إتنا»، وبركان «سترمبولي» بالبحر الأبيض، فهي براكين تكونت أصلا في قاع البحر ثم ظهرت فوق سطح الماء.

وتساهم مثل هذه البراكين في تلوث مياه البحار، كما تلوث الهواء في المناطق المحيطة بها، خصوصا وأن الغازات الحمضية التي تنطلق من هذه البراكين سهلة الذوبان في الماء تؤثر بذلك في حياة الكائنات البحرية التي تعيش في هذه المناطق.

ويعتبر الرماد الذي يتصاعد من البراكين مصدرا من مصادر التلوث. فهو يغطي كل شيء في القرى أو المدن التي يسقط عليها بطبقة يختلف سمكها من حالة إلى أخرى، ويؤدي بذلك إلى إحداث كثير من الأضرار، وإلى إتلاف كثير من المحاصيل الزراعية والغابات.

وعندما يكون الرماد كثيفا ويغطي التربة بطبقة سميكة فإنه يفسد التربة، ويتحول عند الري بالماء إلى أرض طينية لزجة عديمة المسام تصعب تهويتها، فتصبح هذه التربة خالية من الأكسجين، وتصعب زراعتها مدة من الزمان.

غير أن تلوث التربة بهذا الرماد عادة ما يكون تلوثا مؤقتا. فبعد عدة سنوات قد تتحسن خواص هذه التربة بما يحمله إليها هذا الرماد من أملاح وفلزات نادرة تحتاجها أغلب النباتات لاستكمال نموها، وبذلك قد

ينقلب هذا التلوث إلى عامل يرفع من خصوبة التربة، ويحسن صفاتها على المدى الطويل.

وبالإضافة إلى الغازات والرماد التي تطلقها هذه البراكين في الهواء، فهذه البراكين قد تدفع من جوفها، في بعض الحالات، بكميات هائلة من الحمم التي تتكون من الصخور المنصهرة.

وعادة ما تكون درجة حرارة هذه الحمم فائقة الارتفاع، ولذلك فهي تحرق كل ما يصادفها في طريقها من نبات أو حيوان، وقد تطمر تحتها مدنا بأكملها، وتشعل فيها النيران، وعادة ما يكون حجم هذه الحمم محدودا، ولهذا فإن هذا النوع من التلوث يعتبر محليا إلى حد كبير.

ويمكننا أن ندرك عظم كمية الرماد والحمم المنطلقة من جوف بعض البراكين إذا علمنا بتلك المقارنة التي عقدها بعض العلماء بين كمية الرواسب التي يحملها نهر المسيسبي ويلقيها في المحيط، وكمية الرماد والحمم التي تدفقت من بركان متوسط مثل بركان «جبل بيليه» (Mont Pelée) الذي ثار في عام 1902.

وقد اتضح من هذه المقارنة أن مجموع الرواسب التي يجرفها نهر المسيسبي إلى المحيط في كل عام تبلغ نحو 560 مليون طن، بينما بلغت كمية الرماد والحمم المنطلقة من بركان «جبل بيليه» ما يزيد على خمسمائة ضعف هذا الرقم السابق، علما بان هذه الكمية الهائلة من الحمم والرماد تدفقت من هذا البركان في خلال عدة ساعات فقط.

كذلك بلغت الحمم المتدفقة من بركان المكسيك، الذي ظهر فجأة وسط حقول القمح غرب مدينة المكسيك، حدا هائلا من الضخامة، وكونت مخروطا كبيرا كالجبل حول فوهة البركان بلغ ارتفاعه أكثر من ثلث ارتفاع بركان «فيزو ف» بإيطاليا، رغم أن بركان «فيزوف» وجد قبل بركان المكسيك بآلاف السنين.

ولاشك أن هذا الكم الهائل من الحمم المتصاعدة من جوف مثل هذه البراكين يدمر التربة تماما، ويجعلها غير صالحة للزراعة، وذلك لأن هذه الحمم تحول، عندما تبرد، إلى صخور صلبة جرداء لا حياة فيها على الإطلاق، ولا تصلح حتى لنمو الحشائش والأعشاب.

ويلاحظ أن بعض هذه الحمم قد تحتوي على نسبة عالية من الكبريت

المنصهر، كما أن بعضها قد يحتوي على بعض الغازات الذائبة فيها مثل: غاز كبريتيد الهيدروجين، أو غاز ثاني أكسيد الكبريت. وفي بعض الأحيان قد تحتوي في خلالها على غاز كلوريد الهيدروجين.

وهذه الغازات حمضية التأثير، ولذلك فهي شديدة الضرر بالبيئة، وعندما تذوب في مياه الأمطار تلوث المجاري المائية وترفع من درجة حموضتها، كما ترفع من درجة حموضة التربة المجاورة لها، وتدمر ما بها من محاصيل.

العواصف:

تلعب العواصف الترابية والرملية دورا هاما في تلوث البيئة بصفة عامة، وتنتشر مثل هذه العواصف في شمال أفريقيا، وفي منطقة الشرق الأوسط التي تحيط بها المناطق الصحراوية.

وتقوم الرياح الشديدة المصاحبة لتلك العواصف، والتي تنطلق بموازاة سطح الأرض بحمل كميات هائلة من الرمال من سطح التربة الصحراوية وذلك لأنها لا تجد أمامها عائقا يمنعها من ذلك، ولا توجد هناك نباتات تحمي هذه التربة وتؤدي إلى تماسكها.

وقد تحمل هذه الرياح الشديدة الرمال والأتربة إلى مسافات بعيدة جدا لتسقطها على المدن، وعلى الأراضي الزراعية، وقد تدمر ما بها من محاصيل.

ومن أمثلة هذه الرياح، «رياح الخماسين» التي تهب على القطاع الشمالي من جمهورية مصر العربية في بداية فصل الصيف من كل عام، وتستمر لمدة خمسين يوما على وجه التقريب، من أوائل أبريل إلى منتصف شهر مايو، وتحمل في طياتها كثيرا من الرمال الناعمة.

وعلى الرغم من أن كل عاصفة من هذه العواصف لا تستمر طويلا، وقد لا تبقى أكثر من 24 ساعة فقط في المرة الواحدة، إلا أنها تلوث جو المدن والمناطق التي تهب عليها، ويبلغ متوسط ما يسقط على مدينة القاهرة من رمال في عاصفة من هذا النوع نحو 0,96 طن لكل ميل مربع في الساعة الواحدة، وقد تصل هذه الكمية إلى نحو 1,95 طن لكل ميل مربع في الساعة عند هبوب عواصف شديدة نسبيا.

ويعاني بعض مدن الشرق الأوسط الأخرى من مثل هذه المشكلة، وذلك لأن انعدام سقوط الأمطار معظم شهور السنة في المناطق المحيطة بهذه

المدن يؤدي إلى جفاف التربة، ويسمح للرياح النشيطة أن تحمل معها كثيرا من الأتربة والرمال.

ومن أمثلة هذه الرياح رياح الهبوب في السودان، وهناك ما يماثلها من رياح محملة بالغبار تهب على الكويت وغيرها والتي تتركز بصفة خاصة في الفترة من مارس إلى سبتمبر من كل عام.

ولا يقتصر فعل هذه الرياح والعواصف الرملية على منطقة الشرق الأوسط. ففي بعض الأحيان تهب الرياح من الساحل الأفريقي، وتتجه بما تحمله من دقائق الغبار والرمال نحو الساحل. الجنوبي لأوروبا . وفي إحدى المرات حملت هذه الرياح القوية الرمال الحمراء من صحراء الشمال الأفريقي، وعبرت بها البحر الأبيض المتوسط لتسقطها فوق الشواطئ الجنوبية لإيطاليا وفرنسا . وفي مرة أخرى كانت الرياح على درجة بالغة من القوة حتى أنها حملت الرمال من الصحراء الأفريقية، وعبرت بها البحر الأبيض، ثم عبرت بها أوروبا أيضا، وأسقطت هذه الرمال فوق إنجلترا .

وقد قدرت كمية الرمال التي حملتها إحدى هذه العواصف القوية من الساحل الأفريقي وأسقطتها على الساحل الأوروبي بنحو مليوني طن، وغطت هذه الرمال مساحة هائلة في أوروبا بلغت نحو 800000 من الكيلومترات ا لمربعة.

ومن المعتقد أن العواصف الرملية التي تهب من الساحل الأفريقي، لتصل إلى أوروبا، قد تسببت في خلال ثلاثة الآلاف عام الماضية في تغطية سطح التربة في الجزء الجنوبي من أوروبا بما يزيد على خمسة عشر سنتيمترا من الأتربة والرمال الواردة من أفريقيا.

ولا يقتصر هبوب مثل هذه الرياح أو العواصف على المناطق الصحراوية أو المناطق الحارة فقط، ولكن مثل هذه العواصف المحملة بالشوائب والغبار قد تهب كذلك على المناطق الباردة، خصوصا بجوار الثلاجات.

وتشبه الثلاجات أنهارا متجمدة، وهي عندما تتحرك ببطء، فوق الصخور التي تغطيها، تطحن هذه الصخور وتفتتها تحت ثقلها أثناء هذه الحركة.

وعندما يهل فصل الصيف تبدأ هذه الثلاجات في الانصهار، وتحمل المياه الناتجة من ذوبان الجليد فتات الصخور والرمال وترسبها في القنوات والمجاري التي كانت تملؤها هذه الثلاجات.

وعندما تجف هذه القنوات تتحول هذه الرسوبيات إلى غبار ناعم يسهل حمله بواسطة الرياح النشيطة، التي قد تسقطه فيما بعد على المناطق المحيطة بهذه الثلاجات. ومن الملاحظ أن التلوث الناتج من مثل هذه العواصف الأخيرة عادة ما يكون محليا إلى حد كبير.

وتمثل الكثبان الرملية المتحركة، التي تحركها الرياح، خطرا داهما على بعض القرى التي تقع على حافة الصحراء، وعلى بعض الواحات. وفي بعض الحالات غطت هذه الرمال قرى بأكملها، وأتلفت حقولها، وأفسدت تربتها الزراعية.

وبعض هذه الكثبان الرملية المتحركة بالغ الارتفاع، حتى أنه قد يغطي جذوع النخيل، ولا يبقى ظاهرا منها إلا قممها التي كانت محملة بالتمر في يوم من الأيام.

وفي كثير من الأماكن تزحف الصحراء بصورة تدريجية لتغطي التربة الصالحة للزراعة وتفسدها، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة «التصحر»، أي تحول الأرض الخصبة القابلة للزراعة إلى صحراء جدباء.

وتحدث هذه الظاهرة في أفريقيا، فتزحف الصحراء عاما بعد عام نحو الجنوب لتغطي مناطق شاسعة من إقليم السافانا، وتزداد تبعا لذلك الرقعة التي يحدث بها التصحر كل عام، وتمتد هذه الظاهرة كذلك من البحر الأحمر في شرق أفريقيا إلى المحيط الأطلنطي غربا.

عوامل طبيعية أخرى:

تتلوث البيئة بطرائق أخرى، فقد يؤدي حدوث بعض التغيرات في النظام الطبيعي للبيئة إلى حدوث خلل في هذا النظام، وقد يقضي على بعض التوازن القائم بين عناصرها المختلفة.

ومن أمثلة ذلك ما قد يحدث عند ردم البرك أو المستنقعات، فقد يؤدي ذلك إلى الإخلال بالتوازن البيئي في هذه المنطقة، وقد ينتج من ذلك هجرة بعض الحيوانات وبعض أنواع الطيور.

كذلك قد تفسد التربة نتيجة استنزافها بطريقة غير منظمة، ويبدو ذلك بوضوح في بعض حالات المراعي والمروج التي قد تتحول إلى أراض جرداء عندما يزيد رعي الأغنام والمواشي فيها على ما تستطيع التربة أن

تعوضه طبيعيا.

كذلك قد تؤثر إقامة السدود أو الخزانات فوق مجاري الأنهار في التوازن الطبيعي للبيئة. وعلى الرغم من فائدة مثل هذه السدود في تحسين نظام الري، وضمان الاستخدام الجيد لمياه المجاري المائية الطبيعية إلا أن لها أحيانا بعض الآثار الجانبية غير المرغوب فيها.

وتنتشر هذه السدود في كثير من الدول، فهناك نحو 8000 سد من السدود الكبيرة التي يزيد ارتفاعها على خمسة عشر مترا، والتي تحتجز أمامها كميات ضخمة من الماء في بحيرات اصطناعية كبيرة.

وتساعد هذه البحيرات الاصطناعية على زيادة نسبة بخر الماء. ومن أمثلة ذلك «بحيرة ناصر» التي تكونت أمام السد العالي المقام على نهر النيل في جمهورية مصر العربية، فتقدر نسبة البخر فيها بحوالي 2,7 متر في العام، ويعني ذلك أن مخزون المياه في هذه البحيرة يقل كل عام بمقدار 15,5 بليون متر مكعب.

ويترسب الطمي في قيعان هذه البحيرات بمرور الوقت، مما يؤثر كثيرا على طاقة التخزين بهذه البحيرات. ومثال ذلك بحيرة خزان «تولومين» في كاليفورنيا بالولايات المتحدة التي فقدت نحو 83٪ من قدرتها على تخزين المياه خلال مدة بسيطة لا تزيد على 36 عاما نتيجة ترسب الطمي المستمر في قاعها.

ويتسبب ترسب الطمي في قيعان بحيرات السدود في خلو مياه النهر التي تعبر الخزان من جزء كبير من المواد العالقة بها، مما يؤثر بمرور الزمن في خصوبة التربة الزراعية في وديان هذه الأنهار.

وعادة ما يؤدي نقص الطمي في مياه الأنهار إلى حدوث ظواهر بيولوجية جديدة لم تكن قائمة من قبل. مثال ذلك هروب السردين من مياه مصب نهر النيل عند فرع رشيد بجمهورية مصر العربية بسبب غياب الطمي المحقل بالكائنات الدقيقة التي كان يتغذى عليها هذا السردين قبل إقامة السد العالي.

وهناك ظواهر أخرى تنتج من غياب الطمي من مياه الأنهار، مثل ظاهرة تآكل شطآن الأنهار، وتعرف باسم «ظاهرة النحر»، كما قد يتسبب ذلك في تراجع دلتا الأنهار أمام أمواج البخار.

وتشاهد ظاهرة تراجع الدلتا عند مصب نهر النيل، فقد تراجع الشاطئ أمام مياه البحر في رأس البر بشكل واضح، وأصبح بعض الكبائن والأكشاك، المقامة أصلا على شاطئ البحر، وسط مياه البحر هذه الأيام.

كذلك لوحظ هذا النوع نفسه من التآكل عند مصب الفرع الثاني للنيل، عند مدينة رشيد، مما نتج منه انهيار فنار رشيد القديم، وحل محله الآن الفنار الجديد الذي أقيم عام 1942.

ولا تجب الاستهانة بكميات الطمي التي تحملها مياه الأنهار، فمياه نهر النيل مثلا تحمل معها كل عام نحوا من 80 إلى 100 مليون متر مكعب من الطمي، وقد ساهمت هذه الكميات الضخمة من الطمي في بناء دلتا نهر النيل على مر العصور.

وهناك عمليات تلوث أخرى تحدث في بعض المناطق التي تتم فيها عمليات التعدين، خصوصا في الحالات التي تستخدم فيها طريقة «التعدين السطحي» (Strip Mining) التي تتضمن استخراج الخامات من الطبقات السطحية للأرض.

وتعتبر طريقة التعدين السطحي من أقل طرائق التعدين تكلفة، وهي تستعمل لاستخراج الفحم من الطبقات السطحية في مناطق ولايات بنسلفانيا، وأوهايو، وفرجينيا بالولايات المتحدة، ولكن هذه الطريقة تسبب كثيرا من الضرر للتربة، فهي تحول مساحات كبيرة من سطح الأرض إلى حفر تحيط بها تلال من أتربة الحفر، وتقلب بذلك التربة السطحية للأرض رأسا على عقب.

ويؤدي هذا الوضع إلى أن تصبح التربة في هذه المناطق غير صالحة للزراعة أو الري، كما لا تصلح لإقامة المساكن أو المنشآت، وتصبح معرضة لكل عوامل التعرية.

ونظرا للضرر الشديد الذي تسببه طريقة التعدين السطحي فقد وضع بعض الدول، مثل الولايات المتحدة، قوانين خاصة تحتم على شركات التعدين التي تستخدم هذه الطريقة أن تعيد إصلاح الأرض وتسويتها بعد انتهاء عمليات التعدين.

وتؤدي عمليات البناء المتزايدة على بعض السواحل إلى اختفاء بعض النباتات، وبعض العوامل الأخرى التي تساعد على تثبيت التربة. وقد جاء

ذكر ذلك ضمن تقرير خاص للمجلس الأوروبي عن تلوث البيئة.

وقد تعرض بعض مناطق جبال الألب في فرنسا لتأثير مماثل. فقد نتج عن النمو الحضاري لهذه المناطق بعد استخدامها في رياضة التزحلق على الجليد أن تحولت القرى الصغيرة إلى مدن مزدحمة بالسكان وبالسائحين، ونمت هذه القرى واتسعت رقعتها على حساب المزارع والغابات المحيطة بها، ونتج من شق الطريق الجديد إليها، وقطع مئات من الأشجار أن زادت حوادث الانهيار الجليدية (Avalanche) في هذه المناطق الجبلية.

وتتكرر هذه الظاهرة في كثير من البلدان، حيث يؤدي التخطيط القاصر، وعدم الدراسة الحادة لإمكانات كل منطقة إلى خلق تجمعات سكانية جديدة، ومدن تجارية كبيرة يتكدس فيها البشر، وتقل فيها نسبة الرقعة الخضراء والحدائق، وتمتد في داخلها عشرات من الطرق الإسفلتية التي تزدحم بعشرات الألوف من السيارات ووسائل النقل المختلفة، وتغطي جدرانها الإعلانات، وتعلو بها الضوضاء، وتتلوث فيها البيئة كل التلوث.

وقد جاء في تقرير عن تلوث البيئة أصدره «الاتحاد الدولي للحفاظ على البيئة والمصادر الطبيعية» (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) أن تلوث البيئة وما يحدثه من خلل في عمليات التوازن الطبيعية بين مختلف عناصر البيئة، يهددان حياة كثير من الحيوانات. فهناك نحو 550 نوعا من الحيوانات معرضة للفناء اليوم من بينها: النمور، والباندا، والأورانج أوتان، والدب القطبي، والحوت الأزرق، وغيرها.

ويتعرض لمثل هذا الخطر ما يقرب من عشرين ألف نوع من أنواع النباتات.

10 تلوث الماء

الماء سائل ضروري للحياة ولا غنى عنه لجميع الكائنات الحية.وتأتي أهمية الماء للإنسان بعد أكسجين الهواء مباشرة، فالإنسان يحتاج إلى بعض لترات منه كل يوم، ولذلك يجب أن يكون هذا الماء نقيا في حدود معقولة وإلا أصيب الإنسان عن طريقه بكثير من الأضرار، وتعرض لكثير من الأمراض المعروفة مثل: الكوليرا، والدوسنتاريا وغيرهما من الأمراض التي تقضي على حياة الانسان.

والماء مذيب جيد لكثير من المواد، فهو يذيب كل شيء على وجه التقريب، وإن كان ذلك يحدث بنسب متفاوتة. وحتى الأشياء التي لا تذوب فيه تكون معه في أغلب الأحيان معلقات غروانية تشبه المحاليل إلى حد كبير.

وتحتوي مياه البحار والمحيطات على كثير من الأملاح والمركبات الكيميائية الذائبة فيها، كما تحتوي هذه المياه على نسب متفاوتة من أغلب المعادن والفلزات التي نعرفها بما فيها الذهب والفضة وغيرهما.

وعندما تتعرض مياه البحار والمحيطات لحرارة الشمس يتبخر جزء منها، ويتصاعد في الجو على

هيئة بخار لا يرى، وعندما يبرد هذا البخار في طبقات الجو العليا يظهر لنا على هيئة سحاب.

وتشبه هذه العملية عملية التقطير التي تجرى في المعامل، وعندما يتبخر الماء يتصاعد بخاره على هيئته النقية لأنه يترك وراءه كل ما كان ذائبا فيه من أملاح ومركبات.

وعندما تصعد هذه السحب إلى الأجواء الباردة في طبقات الجو العليا يتكثف ما بها من بخار، تحت بعض الظروف الخاصة، ويتحول إلى قطرات من الماء، ويتساقط على هيئة أمطار فوق الهضاب وعلى سفوح الجبال، ثم تتجمع هذه المياه على هيئة بحيرات مقفلة تملأ المنخفضات أو الوديان، أو تجري في السهول المنبسطة وتكون الأنهار التي تعود بعد ذلك لتصب مياهها مرة أخرى في البحار والمحيطات.

وتعتبر عادة مياه الأمطار من أنقى صور المياه الطبيعية، ومع ذلك لا يمكننا أن نقول إن هذه المياه نقية تمام النقاء، وذلك لأن مياه الأمطار قد تذيب في أثناء سقوطها بعض الغازات الموجودة في الهواء، وقد تحمل معها بعض الشوائب العالقة بالطبقات السفلى من الغلاف الجوي، وتحملها معها إلى سطح الأرض.

وقد تتلوث مياه الأمطار بشكل واضح فوق بعض المناطق الصناعية ومناطق التجمع السكاني الكثيفة بسبب تلوث هواء هذه المناطق بدخان المصانع وبعادم السيارات، وتعرف مثل هذه الأمطار بالأمطار الحمضية كما ذكرنا من قبل.

وعند سقوط مياه الأمطار على سطح الأرض تبدأ هذه المياه في إذابة كثير من المواد سهلة الذوبان الموجودة في التربة، مثل: الأملاح المعدنية، وما قد يكون بالتربة من مبيدات أو مخصبات زراعية، كما أنها تجرف معها في طريقها كثيرا من الفتات والشوائب، وتحمل معها كل ذلك لتلقي به في المجاري المائية مثل الأنهار والبحيرات.

ويتضح من ذلك ضرورة الاهتمام بالمكان الذي تؤخذ منه مياه الشرب للاستعمال الآدمي، فيجب أن يكون ذلك من مكان يخلو من الشوائب والمواد العالقة، ولا يحتوي على مواد ذائبة، وبعيدا كل البعد عن مصادر التلوث.

ومن الملاحظ أن أغلب المدن والتجمعات السكانية في أغلب دول العالم

تقع على شواطئ الأنهار والبحيرات، وتؤخذ مياه الشرب للاستعمال الآدمي من هذه المجاري المائية، ولهذا تجب المحافظة على نظافة هذه المصادر المائية.

ولم تكن فكرة تلوث الماء، أو تلوث البيئة بشكل عام تشغل الأذهان فيما مضى، وكان أغلب المدن في العصور الوسطى، في أوروبا خاصة، تلقي بمخلفاتها وفضلاتها، بما فيها الفضلات الآدمية، في المجاري المائية المجاورة لها، والتي كانت تأخذ منها مياه الشرب والغسيل وتستخدمها في مختلف الأغراض.

ولم يفكر أحد في ذلك الزمان أن جزءا من هذه المخلفات والفضلات قد يعود إليه مرة أخرى عن طريق مياه الشرب أو الغسيل، كما لم يدرك أحد في ذلك الحين مدى الأضرار التي يمكن أن تحدث لصحة الإنسان من جراء هذا التصرف الذي قد يؤدي إلى انتشار الأمراض والأوبئة.

وقد حدث هذا فعلا في بعض المدن الأوروبية، ومنها مدينة لندن التي تقع على شاطئ نهر التايمز بإنجلترا.

وقد درجت هذه المدينة على إلقاء كل مخلفاتها، بما فيها مياه الصرف التي تحتوي على الفضلات الآدمية في هذا النهر، وبمرور الوقت تحول نهر التايمز إلى كتلة من القذارة، وأصبحت مياهه، في منتصف القرن التاسع عشر، شديدة التلوث، تطفو على سطحه كل أنواع الفضلات والمخلفات.

وقد أدى ذلك إلى انتشار وباء الكوليرا بين سكان مدينة لندن في الفترة بين عامي 1849 و 1853، ونتج من ذلك وفاة عدد هائل من سكان المدينة وسكان المناطق المحيطة بها، بلغ في مجموعه نحو عشرين ألفا من الأفراد.

ولم تكن مدينة لندن هي المدينة الوحيدة التي انتشرت فيها الأوبئة نتيجة تلوث المياه، فقد تكررت هذه المأساة في كثير من المدن الأوروبية، كما أن بعض المدن الأمريكية قد انتشر فيها وباء التيفود في الفترة نفسها تقريبا، ولهذه الأسباب نفسها.

وبمرور الزمن زادت معرفة الإنسان، وتنبه الناس إلى وجود البكتيريا المسببة للأمراض، وفطن الناس إلى أهمية تنقية مياه الشرب من كل الشوائب والمواد العالقة، كما تنبه الإنسان إلى ضرورة إقامة نظام محكم للصرف الصحي لمخلفات المدن وفضلاتها، يكون بعيدا كل البعد عن هذه المدن،

وبعيدا كل البعد عن مأخذ مياه الشرب.

ولم تحل مشكلة تلوث المياه حلا نهائيا في ذلك الحين، فقد كان الفكر السائد في تلك الفترة فكرا ضيقا ومحدودا، ولا يهتم إلا بالمصلحة الذاتية فقط، ولذلك فقد تركزت جهود كل مدينة في إبعاد هذا التلوث عن نفسها فقط، دون أن تأخذ في الاعتبار ما قد يحدث من تلوث لبعض البيئات الأخرى البعيدة عنها.

وقد استمر هذا الفكر سائدا حتى عهد قريب. وحتى نهاية الستينات لم يكن أحد يلقي اهتماما كبيرا لموضوع التلوث، ولم يؤخذ هذا الموضوع بجدية فيما مضى، وكان أقصى ما يمكن عمله بهذا الخصوص لا يتجاوز الاهتمام قليلا بالبيئة المحلية فقط، دون أن يؤخذ في الاعتبار ما قد يصيب البيئة الشاملة من تلوث على مستوى أكبر من ذلك، أو على المستوى الدولي.

وقد كان هناك نوع من الاعتقاد السائد لدى الجميع، وهو اعتقاد خطير، بأن الأنهار والبحيرات، والبحار والمحيطات، هي أنسب مكان لإلقاء مخلفات المدن والمخلفات الصناعية، وأي فضلات أخرى يراد التخلص منها.

وأفضل مثال لذلك ذلك التلوث الشديد الذي أصاب مياه نهر الراين، خصوصا ذلك الجزء من النهر الذي يمر بأراضي هولندا، فقد وصلت حالة التلوث في مياه هذا النهر إلى حد كبير في النصف الثاني من هذا القرن، حتى أنه كان يطلق عليه مجازا اسم «مجاري أوروبا» (Sewer of Europe) وهو اسم غريب، ولكنه يعبر تماما عن حالة التلوث الشديدة التي وصلت إليها مياه هذا النهر. وتزداد نسبة تلوث مياه هذا النهر كلما اتجهنا نحو المصب، حتى أنه عندما يصل النهر إلى المحيط عند الشواطئ الهولندية تصبح نسبة ما به من قاذورات ومخلفات أعلى ما يمكن، وقد تصل في بعض الأحيان إلى 20٪ من ماء النهر على وجه التقريب.

ولا يقتصر تلوث المياه على الأنهار والبحيرات فقط، بل امتد هذا التلوث اليوم إلى مياه البحار والمحيطات رغم اتساع رقعتها، خصوصا حول المناطق الصناعية المقامة على شواطئ البحار، وكذلك حول الموانئ الكبيرة التي تتكدس بها مختلف أنواع السفن والناقلات، وتدخل إليها وتخرج منها كل يوم. ولا يوجد هناك انفصال حقيقي بين كل من تلوث الهواء وتلوث الماء،

ذلك لأن الهواء الملوث يؤثر كثيرا في المساحات المكشوفة من الماء، ويلوثها بما يحمله من شوائب وأبخرة وغازات.

وقد اتضح من البحوث التي قام بها فريق من الباحثين بمعهد كاليفورنيا التكنولوجي بالولايات المتحدة، عام 1966، أن مياه الجزء الشمالي من المحيط الأطلنطي، وكذلك مياه الجزء الشمالي من المحيط الهادي، قد تلوثت بشكل ظاهر بما يتساقط عليها من الرذاذ الذي يحمله الهواء فوق هذه المناطق، وهو الرذاذ المحمل بالرصاص، وبكثير من الشوائب المتصاعدة في أجواء المدن وأجواء المناطق الصناعية الموجودة في نصف الكرة الأرضية الشمالي، (مرجع رقم 36).

وقد تسبب النشاط الصناعي للإنسان خلال القرن الماضي والقرن الحالي في إطلاق كثير من الشوائب وبخار بعض الفلزات السامة مثل: الزئبق، والرصاص، والكادميوم في الهواء، وتنتشر هذه الشوائب في الهواء على هيئة أيروسول، تحمله الرياح إلى كل مكان، ويذوب جزء منه في مياه البحار.

ويرى بعض العلماء أن كمية الشوائب المتصاعدة في الهواء فوق القارات في نهاية الستينات، والمحتوية على كثير من الفلزات الثقيلة تساوي على التقريب كل ما في المياه الطبيعية من هذه الفلزات، (مرجع رقم 37).

وقد تبين من هذه البحوث أن تلوث مياه البحار والمحيطات لا يقتصر على طبقات المياه السطحية فقط، ولكن هذا التلوث قد يمتد إلى طبقات المياه العميقة، وقد يصل في بعض الحالات إلى قيعان هذه البحار، وبذلك يمتد الأثر الضار لهذا التلوث إلى كثير من أنواع الكائنات الحية التي تعيش في هذه البحار والمحيطات.

كذلك لا يقتصر تلوث البحار على المناطق الساحلية فقط، مثل المناطق المجاورة للمدن أو الموانئ، أو التجمعات الصناعية، بل قد تظهر آثار هذا التلوث في مناطق بعيدة جدا عن شواطئ البحار، وقد تظهر في وسط مياه المحيطات.

وقد ذكر الرحالة النرويجي «ثور هايردال» (Thor Heyerdahl)، الذي قام برحلته المشهورة من الساحل الأفريقي إلى الساحل الأمريكي على القارب الشراعي «رع 2» (Ra-II)، أنه شاهد آثار التلوث بوضوح في منتصف مياه

المحيط الأطلنطي بعيدا جدا عن السواحل القارية.

وقد قال «هايردال» أنه شاهد هو وبحارته كتلا يميل لونها إلى السواد تطفو على سطح الماء، وتشبه القار، في أجزاء كثيرة من المحيط، وذكر أن هذه الكتل، كانت متفاوتة الأحجام، وأن بعضا منها كان يتماسك معا على هيئة بقعة تتحرك مع الأمواج.

وقد وصف هايردال مياه المحيط عند منتصف المسافة بين أفريقيا وأمريكا بأنها كانت محملة بمختلف القاذورات والنفايات التي تلقيها السفن، وان لون الماء كان يميل إلى اللون الأخضر الرمادي، بدلا من اللون الأزرق المعروف للمياه النقية الصافية.

وقد علق «هايردال» على ذلك بقوله ساخرا: إن النظر إلى هذه المياه الخضراء الرمادية وغير الصافية في وسط المحيط أعطاه إحساسا بأنه في أحد الموانئ، أو أن قاربه يطفو وسط مياه الصرف الصحي.

وتدل هذه الملاحظة على أن تلوث المياه الطبيعية، حتى وسط المحيطات، قد بلغ مبلغا خطيرا وينذر بكثير من الأخطار، ويجب أن يحسب له كل حساب.

وقد تغيرت أفكار الإنسان كثيرا فيما يتعلق بالتلوث بعد أن أحس بمقدار الضرر الذي قد ينتج من تلوث الماء، خصوصا بعد ازدياد أعداد سكان العالم بهذا الشكل الهائل واحتياجنا الشديد للمياه النقية غير الملوثة لاستخدامها في الشرب، وفي ري الأراضي الزراعية، وفي عمليات الغسيل والتبريد في ا لصناعة.

ومن المتوقع أن تزداد مشاكل التلوث خطورة مع الزمن بزيادة عدد سكان المدن، وزيادة الحاجة إلى التخلص من مياه الصرف الصحي والفضلات الآدمية، بالإضافة إلى مخلفات الصرف الناتجة من التجمعات الصناعية التي يزداد حجمها وعددها على مر الأيام.

ويجب ألا ننسى أن الغبار المتصاعد من التجارب النووية التي مازال بعض الدول يقوم بإجرائها، ينتشر في الهواء في كل مكان، ثم يتساقط بما فيه من مواد مشعة على سطح البحار والمحيطات، ويؤثر بذلك في كيمياء هذه المياه، وفي الأنشطة البيولوجية التي تدور فيها، سواء في المياه السطحية أو في المياه العميقة.

١١ التلوث الكيميائي

يطلق اسم التلوث الكيميائي على التلوث ببعض المواد الكيميائية التي يتم تصنيعها لأغراض خاصة، أو التي قد تلقى في المجاري المائية مع مخلفات الصناعة، وهو نوع من أخطر أنواع التلوث المعروفة في عصرنا الحديث.

وقد ظهرت آثار هذا النوع من التلوث بوضوح في النصف الثاني من هذا القرن، نتيجة التقدم الصناعي الهائل الذي نشهده اليوم، خصوصا في مجال الصناعات الكيميائية، ونتيجة أخذ كثير من الدول بأساليب التكنولوجيا الحديثة في كل مجال.

وكما تساهم المنشآت الصناعية في تلوث الهواء بما يخرج من مداخنها من أبخرة وشوائب وغازات، فهي تسبب كذلك تلوث المجاري المائية بما تلقيه فيها من مخلفاتها ونواتجها الثانوية، وذلك لأن أغلب هذه المنشآت الصناعية ومحطات القوى تقام على شواطئ الأنهار أو البحيرات أو البحار.

وتلوث المياه بمخلفات الصناعة متعدد الأشكال، وهناك حالات من التلوث شديدة الغرابة وشديدة الخطورة في الوقت نفسه، فقد حدث أن اشتعلت مياه أحد الأنهار في الاتحاد السوفيتي، ويعرف باسم نهر «إيسيت» (Iset)، عندما رمى فيه أحد

الأشخاص سيجارة مشتعلة.

وقد ظهر فيما بعد أن أحد المصانع المقامة على شاطئ هذا النهر كان يلقي ببعض مخلفاته من المواد المتطايرة والقابلة للاشتعال في مياه النهر فكونت طبقة رقيقة قابلة للالتهاب بمرور الوقت فوق سطح المياه.

وقد وقع حادث مماثل في الولايات المتحدة. فقد اشتعل سطح الماء في أحد الأنهار في ولاية أوهايو لأسباب مماثلة، وأدى ذلك إلى احتراق بعض خطوط السكك الحديدية المجاورة لهذا النهر.

وبصفة عامة، تشكل المخلفات الصناعية التي تلقى في المجاري المائية خطرا حقيقيا على كافة عناصر البيئة، وذلك لأن أغلب هذه المخلفات تحتوي على كثير من المواد الكيميائية ذات التأثير السام.

ومما يزيد من خطورة هذه المواد أن كثير منها شديد الثبات، ولا ينحل أو يتفكك تحت الظروف الطبيعية المعتادة، ولذلك يبقى أثر هذه المواد طويلا في المجاري المائية التي تلقى فيها، ويستمر فعلها الضار أمدا طويلا.

وفي كثير من الأحيان يحتوي بعض هذه المخلفات على مواد فعالة، وقد يتفاعل بعض هذه المواد مع مكونات البيئة التي تلقى فيها، وقد تساعد بذلك على استهلاك قدر كبير من غاز الأكسجين الذائب في مياه المجاري المائية.

وقد تبين من بعض البحوث التي أجريت على بعض المخلفات الصناعية، وعلى بعض مياه الصرف الصناعي أن بعض المواد التي توجد في هذه المخلفات تستهلك قدرا كبيرا من غاز الأكسجين، يزيد بمقدار أربعة أضعاف على ما تستهلكه مخلفات الصرف الصحي، وهي المخلفات المعروفة باستهلاكها الكبير للأكسجين. ولذلك فإن المخلفات الصناعية، حتى ولو كانت غير سامة، قد تتسبب في قتل الكائنات الحية التي نعيش في المياه التي تلقى فيها بسبب استهلاكها للأكسجين الذائب في هذه المياه.

وتتباين المواد الكيميائية التي تحملها مياه الصرف الصناعي وتتعدد أنواعها، وهي تعتمد على نوع الصناعة التي تصدر منها هذه المخلفات، كما تعتمد على نوع المعالجات الكيميائية التي تجرى في كل مصنع.

ومع ذلك فهناك دائما مواد مشتركة توجد في أغلب مياه الصرف الصناعي مثل: الأحماض، والقواعد وغيرها، وهي لا تمثل خطورة كبيرة

لأنه يمكن التخلص منها بسهولة نسبيا، وذلك بمعالجتها ببعض المواد الكيميائية الأخرى لمعادلة أثرها الضار.

وهناك مجموعات أخرى من المواد الكيميائية التي تتصف بسميتها الشديدة وثباتها النسبي، والتي لا يسهل التخلص منها أو من آثارها الضارة. ومن أمثلة هذه المواد بعض أنواع المنظفات الصناعية، وبعض مركبات الفوسفور، وبعض مركبات الهالوجين العضوية، وبعض الفلزات الثقيلة السامة مثل: الرصاص، والزئبق، وبعض المذيبات العضوية، وغيرها من المركبات.

وتسبب مثل هذه المواد تلوثا شديدا للبيئة التي تلقى فيها، ويبقى أثرها الضار قائما لمدة طويلة.

المنظفات الصناعية:

تتسبب المنظفات الصناعية التي تتسرب أحيانا إلى مياه الأنهار أو البحيرات في إحداث تلوث شديد لهذه المياه.

وبعض هذه المنظفات من النوع غير الثابت، وتسهل أكسدتها والتخلص منها بعد مدة قليلة من الزمن بواسطة الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في هذه المجاري المائية، وتتحول بذلك إلى مواد أخرى بسيطة لا ضرر منها.

ويعرف هذا النوع من المنظفات الصناعية التي يسهل التخلص منها باسم «المنظفات اليسرة» (Soft Detergents)، وهي لا تمثل خطرا كبيرا على البيئة، لأن أثرها الضار يختفي ويزول بعد قليل.

أما إذا كانت المنظفات الصناعية من النوع الثابت الذي يعرف باسم «المنظفات العسرة»(Hard Detergents) فهي تقاوم التحلل والتفكك تحت الظروف الطبيعية المعتادة.

ولا تستطيع الكائنات الحية الدقيقة التخلص من هذه المنظفات العسرة، ولذلك فإنه يصعب التخلص منها، وهي تسبب كثيرا من الأضرار للبيئة التي توجد فيها، لأن أثرها يبقى طويلا مهما كانت نسبة تخفيفها بمياه النهر أو بمياه البحيرة.

وقد نتج من إلقاء بعض هذه المنظفات في مياه أحد الأنهار أن تغطى سطح المياه في هذا النهر، لمسافة عدة كيلومترات، بطبقة سميكة من الرغوة

أدت إلى عزل مياه النهر عن أكسجين الهواء، وتسببت في حدوث نقص شديد في كمية الأكسجين الذائب في الماء، أدى إلى قتل ما بهذه المياه من كائنات حية دقيقة، ومن أسماك.

وللمنظفات الصناعية أضرار أخرى خلاف ما سبق ذكره، فكثير من هذه المنظفات تحتوي في تركيبها على مادة الفوسفات لأن إضافة هذه المادة يزيد من قدرة المنظف الصناعي على التنظيف.

وينتشر استعمال المنظفات الصناعية اليوم في كل مكان، ولذلك فإن مياه الغسيل، التي تحتوي على بقايا هذه المنظفات، تحتوي كذلك على قدر من مركبات الفوسفات.

وتحمل مياه الصرف الصحي هذه المواد والمركبات إلى الأنهار والبحيرات، وبذلك تشترك المنظفات الصناعية في زيادة نسبة مركبات الفوسفور في هذه المياه، وتعجل في وصول هذه المجاري المائية إلى حالة التشبع الغذائي، وتحولها إلى مستنقعات كما سنرى فيما بعد.

وتبلغ كمية مركبات الفوسفور التي تصل إلى المجاري المائية نتيجة الإسراف الشديد في استخدام المنظفات الصناعية حدا هائلا، ويتضح ذلك من بعض الإحصائيات التي أجريت في الولايات المتحدة، فقد تبين أن ما يقرب من 70 ٪ من مركبات الفوسفور الموجودة في مياه أغلب البحيرات والأنهار تأتي عن طريق مياه الغسيل المحملة بالمنظفات الصناعية. ويتضح من هذه الدراسات جسامة الأضرار التي تسببها هذه المنظفات للمياه الطبيعية.

وتعاني معظم دول العالم من هذه المشكلة. ومن أمثلة ذلك: أن بحيرة «كونستانس» (Constance) التي تقع على حدود كل من ألمانيا، وسويسرا، والنمسا زادت فيها نسبة مركبات الفوسفور إلى حوالي 2500٪، أي أن نسبة هذه المركبات في هذه البحيرة اليوم قد زادت بمقدار خمسة وعشرين ضعفا على نسبة هذه المركبات التي كانت توجد فيها في البحيرة نفسها عام 1920.

الفلزات الثقيلة:

يمثل التلوث بالفلزات الثقيلة مثل: الزئبق، والرصاص، وبعض الفلزات

الأخرى كالكادميوم، والزنك مشكلة كبرى، وقد لقيت هذه المشكلة اهتماما شديدا من كثير من الدول لأن هذه الفلزات ذات تأثير سام، كما أن لها القدرة على التراكم في الأنسجة الحية.

وقد لوحظ أن بعض المنشآت الصناعية التي تستخدم طرائق التحليل الكهربائي، وتوجد في خلاياها الكهربائية أقطاب من الزئبق، مثل: المصانع التي تنتج هيدروكسيد الصوديوم، وغاز الكلور، تحتوي مخلفاتها على قدر ضئيل من فلز الزئبق الذي يتسرب من خلايا التحليل الكهربائي إلى مياه الصرف.

ويعتبر الزئبق ممثلا لهذه الفلزات الثقيلة، وهو من أكثرها انتشارا واشدها سمية، وعندما يتسرب بعض هذه الفلزات أو مركباتها مع مياه الصرف الصناعي إلى مياه الأنهار والبحيرات، فإنها تسبب كثيرا من الأضرار لمختلف أنواع الكائنات التي تستخدم هذه المياه.

وقد لوحظت مشكلة التلوث بالزئبق في كل مكان في العالم تقريبا، فقد تبين عند تحليل بروتين الأسماك التي تم صيدها من بحيرة «سانت كلير» بكندا عام 1969 أنه يحتوي على آثار ضئيلة من فلز الزئبق.

وقد لوحظت مشكلة التلوث بالزئبق في سويسرا أيضا عام 1975، فقد اكتشف بعض العلماء السويسريين أن بحيرة «ليمان»((Leman تحتوي مياهها على تركيزات غير عادية من فلز الزئبق.

وقد تبين من التحاليل الدقيقة التي أجريت على مياه هذه البحيرة أن فلز الزئبق يتركز بصفة خاصة في المواد العالقة، وبعض الجسيمات التي ترد إلى ماء البحيرة مع مياه نهر الرون.

وقد اتضح فيما بعد أن السبب الرئيس في تلوث مياه هذه البحيرة بالزئبق يرجع إلى أن بعض المصانع الكيميائية المقامة على شاطئ نهر الرون تلقي بمخلفاتها المحتوية على هذا الفلز في مياه النهر الذي ينتهي به المطاف إلى هذه البحيرة.

وعند تحليل مخلفات هذه المصانع ومياه الصرف الخارجة منها وجد أنها تحمل معها ما يكافئ نحو عشرة كيلوجرامات من الزئبق في الأسبوع، وعلى الرغم من أن هذه الكمية الكبيرة من فلز الزئبق يتم تخفيفها كثيرا في مياه النهر، ثم يعاد تخفيفها مرة أخرى في مياه البحيرة إلا أنه وجد أن

المواد العالقة بالماء، وبعض الشوائب الأخرى التي لا تذوب في الماء لا تتأثر كثيرا بهذا التخفيف، بل تبقى محتفظة في طياتها بتركيز أكبر من هذا الفلز.

ونظرا لأن الأسماك تتغذى دائما على الجسيمات، والمواد العالقة بالماء فإن الأسماك التي تعيش في هذه البحيرة، تدخل في أجسامها مع الغذاء نسبة عالية من فلز الزئبق.

وقد اتضح فعلا أن أجسام الأسماك التي تعيش في بحيرة «ليمان» تحتوي على نسبة عالية من الزئبق تفوق النسبة المسموح بها دوليا، وفي هذا خطر كبير على صحة الأفراد الذين يأكلون هذه الأسماك، وقد يصابون بالتسمم بالزئبق في نهاية الأمر.

وقد كان من المعتقد أنه إذا كانت كمية الزئبق الموجودة في مياه الصرف الصناعي، ضئيلة، كما في حالة مخلفات مصانع التحليل الكهربائي، والتي لا تزيد نسبة الزئبق في مياهها على مليجرام واحد في كل متر مكعب من هذه المياه، فإن مثل هذه النسبة الضئيلة لن تمثل خطورة كبيرة على حياة الكائنات الحية، خصوصا أن هذه النسبة ستقل كثيرا عند تخفيفها بعد ذلك بمياه النهر، أو مياه البحيرة التي تلقى فيها هذه المخلفات.

وقد اتضح فيما بعد أن هذا الافتراض غير صحيح، وأن هذا القدر الضئيل من فلز الزئبق يعد كافيا لتلوث البيئة، ويمثل خطرا كبيرا على حياة مختلف الكائنات الحية بما فيها الإنسان.

ويرجع السبب في ذلك إلى أن بعض الكائنات الحية التي تعيش في هذه المجاري المائية، مثل الأسماك، لها القدرة على التقاط هذه الآثار الضئيلة من فلز الزئبق من المياه التي تعيش فيها، وتقوم بتركيز هذا الفلز في أجسامها.

وتقوم الأسماك بتخزين الزئبق في أجسامها على هيئة مركب عضوي يعرف باسم «ثنائي فنيل الزئبق» الذي يرتبط ببروتينات هذه الأسماك بواسطة إحدى ذرات الكبريت.

وقد قامت هيئة الصحة العالمية بتحديد الحد الأقصى لكمية الزئبق التي قد تدخل إلى جسم الإنسان، والتي يجب ألا تزيد عليها لأي سبب من الأسباب، بما لا يزيد على 0,3 مليجرام من هذا الفلز في الأسبوع.

ويمكننا أن نتصور خطورة التسمم بالزئبق، إذا علمنا أن هذا الحد الذي لا يجب تجاوزه بأي حال من الأحوال، قد يصل إليه الفرد بسهولة إذا تناول كيلوجراما ونصف كيلو من أسماك بحيرة ليمان بسويسرا خلال أسبوع واحد.

ويتبين لنا من ذلك أن جميع الأسماك التي تعيش في المجاري المائية الملوثة، بمثل هذه الفلزات الثقيلة، تصبح سامة لا تصلح للاستهلاك الآدمي مهما كانت ضالة كمية هذه الفلزات الموجودة في المياه، وذلك لأن عملية تركيز هذه الفلزات في أجسام الكائنات الحية عملية مستمرة، وتأخذ مجراها الطبيعي، أثناء دورة الغذاء الطبيعية، من النبات إلى القشريات، إلى الأسماك، إلى الطيور، وأخيرا إلى الإنسان.

ويتسبب التسمم بالزئبق في حدوث أعراض شتى، فهو يؤدي إلى الإحساس بالصداع وبالدوار، ويسبب شعورا عاما بالتعب والإرهاق في حالات التسمم الخفيفة، بينما يؤدي إلى تلف الكلى، وإلى حدوث اضطرابات شديدة في الجهاز الهضمي في حالات التسمم الشديدة، ثم ينتهي الأمر بحدوث الوفاة.

وقد أثار اكتشاف الزئبق في أجسام الأسماك في بحيرة «سانت كلير» عام 1969 اهتمام علماء كل من كندا، والولايات المتحدة، ولفت أنظارهم إلى الخطر الناشئ عن تلوث المياه بهذه الفلزات الثقيلة، ودفعهم ذلك إلى القيام بحملة قومية لتحليل مياه البحيرات الكثيرة المنتشرة في كل من البلدين.

وقد تبين من هذه الحملة أن بعض هذه البحيرات توجد في مياهها نسب مختلفة من فلز الزئبق، ولذلك قامت حكومتا كل من كندا، والولايات المتحدة بمنع صيد الأسماك من هذه البحيرات، كما منعت مزاولة الرياضات المائية بها حرصا على حياة الإنسان.

وقد أحدثت النتائج التي توصلت إليها هذه الحملة ضجة شديدة في الولايات المتحدة، وأثارت الشك في كثير من أنواع الأسماك المعلبة الناتجة من هذه البحيرات، ولذلك قامت السلطات الصحية هناك بتحليل كثير من هذه المعلبات، وتم اكتشاف آثار من الزئبق في بعض أسماك التونة المعلبة، وفي غيرها من الأسماك. وقامت هذه السلطات بسحب هذه المعلبات الملوثة

من ا لسوق.

وقد اكتشف تلوث المياه بالزئبق في أماكن أخرى كثيرة. ففي عام 1960 تبين بالتحليل الدقيق أن أجسام بعض الأسماك التي تم صيدها من أحد خلجان اليابان تحتوي على قدر من فلز الزئبق يزيد على الحد المسموح به صحيا، وكانت هذه الأسماك قد تسببت من قبل في ظهور بعض أعراض التسمم على كثير ممن تناولوها، كما أدت إلى وفاة ما يقرب من مائة شخص.

وقد تبين فيما بعد أن السبب في وجود الزئبق في مياه هذا الخليج يرجع إلى أن أحد مصانع البلاستيك المقام على الشاطئ يلقي بمخلفاته المحملة بالزئبق في مياه هذا الخليج دون معالجتها.

وحتى المناطق المنعزلة والبعيدة عن العمران، مثل المناطق القطبية، تعاني اليوم من هذا التلوث الكيميائي رغم بعدها الشاسع عن مصادر التلوث، وعن المناطق الصناعية.

ومن أمثلة ذلك أن كلا من الدب القطبي وطائر البنجوين قد وجد بأجسامها نسبة ملحوظة من فلز الزئبق، على الرغم من أنها حيوانات تعيش فقط في المنطقة القطبية ولا تغادرها على الإطلاق، وتعتبر بعيدة كل البعد عن مصادر التلوث المعروفة.

وقد أثارت هذه الظاهرة شيئا من الدهشة في أول الأمر، وذلك لأن المنطقة القطبية تخلو تماما من كل الأنشطة الصناعية، ولم تستعمل بها أبدا المبيدات الحشرية المحتوية على الزئبق.

وقد فسرت هذه الظاهرة بعد ذلك على أساس سلسلة الغذاء. فقد يقوم طحلب بامتصاص فلز الزئبق من الماء، ثم تتغذى إحدى القشريات بعشرات من هذا الطحلب، ثم تتغذى الأسماك بمئات من هذه القشريات، وفي نهاية هذه السلسلة يتغذى الدب القطبي، أو طائر البنجوين بعشرات من هذه الأسماك الملوثة، ويصحب كل ذلك زيادة في تركيز الزئبق في كل حلقة من حلقات هذه السلسلة، ويبدو هذا التركيز بوضوح في أجسام الحيوانات التي تقع في نهاية سلسلة الغذاء.

ويدل ذلك بوضوح على أن الأسماك هي المسؤولة عن ظهور فلز الزئبق السام في أجسام هذه الحيوانات القطبية، وهي المسؤولة عن نقل مثل هذا

التلوث من المناطق الملوثة إلى مناطق نظيفة تماما وخالية من كل عناصر التلوث، ولذلك يجب أن نعتني عناية شديدة بالقضاء على هذا النوع من التلوث ا لكيميائي.

ومما يثبت صحة هذا الفرض أن سباع البحر في كاليفورنيا بالولايات المتحدة، والتي يقتصر غذاؤها على السمك، أصيبت أيضا بهذا النوع من التلوث، وظهرت بأجسامها نسبة ملحوظة من الزئبق.

وينطبق ذلك أيضا على كثير من الفلزات الثقيلة الأخرى مثل: الرصاص، والزرنيخ، والكادميوم، وعند زيادة نسبة هذه الفلزات في المياه على حد معين تصبح هذه المياه غير صالحة للشرب، وتؤدي إلى ظهور أعراض التسمم على من يتناولونها. ويؤدي الكادميوم إلى تلف الكبد، وإلى ارتفاع ضغط الدم، بينما يؤدي الزرنيخ إلى حالة من التسمم العام.

كذلك تسبب المياه المحتوية على مثل هذه الفلزات الثقيلة ضررا شديدا للأسماك ولكل الكائنات الحية التي تعيش في هذه المياه.

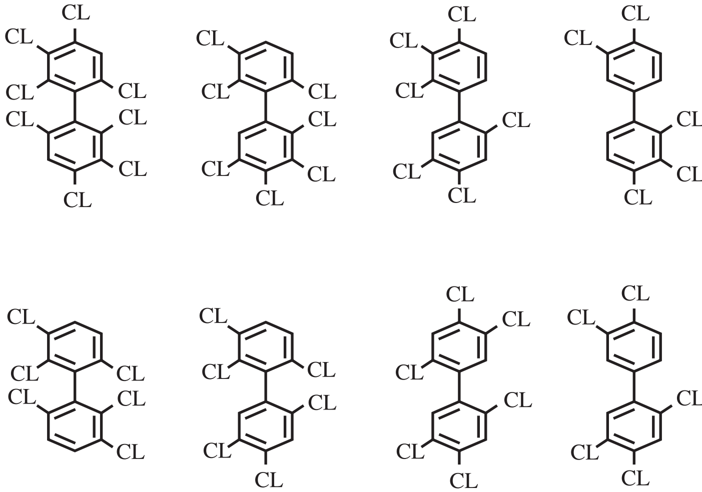
المركبات العضوية الهالوجينية: تتعدد أنواع المواد الكيميائية ذات التأثير السام التي تتسرب مع مياه الصرف الصناعي، ومع بعض المخلفات الصناعية الأخرى، وتسبب تلوث الماء والتربة والبيئة بصفة عامة.

وربما كان أخطر هذه المواد بعض المركبات العضوية التي تحتوي جزيئاتها على بعض ذرات الهالوجين مثل: ذرات الكلور، أو البروم، أو الفلور، ومن أمثلتها بعض المواد التي لها استعمالات متعددة في كل مناحي النشاط الصناعي والزراعي والمنزلي، مثل مركبات الفريون، سبق ذكرها، وبعض المبيدات الحشرية مثل. د. د. ت، واللندين، وغيرها وسيأتي ذكرها فيما بعد، ومثل مركبات «ثنائي الفنيل عديدة الكلور» (Polychlorinated Biphenyls) المعروفة باسم «بي. سي. بي» (B.C.P.) «والديوكسين» (Dioxine).

وتتركب مركبات «بي. سي. بي» من حلقتين من حلقات البنزين متصلتين معا برباط أحادي، وتتصل بكل منهما عدة ذرات من الكلور.

ولا تكون هذه المركبات نقية عادة، فهي تتكون في أغلب الأحيان من خليط من عدة مركبات متشابهة، ولكن تتغير فيها أعداد ذرات الكلور المتصلة بحلقات البنزين (شكل ١١).

ويباع مثل هذه المركبات تحت عدة أسماء مثل: «أروكلور» (Arochlor)، أو



شكل (11)

مركبات «ثنائي الفنيل عديدة الكلور» «بي.سي.بي».

«فينوكلور» (Phenochlor)، أو «كلوروفين» (Chlorophen)، وتتنوع نسبة الكلور في كل هذه المنتجات، وهي تتراوح عادة ما بين 32٪ و 62٪ بالوزن.

وقد استعملت مركبات «بي. سي. بي» لأول مرة عام 1929 في صناعة المحولات والمكثفات الكهربائية بسبب قدرتها العالية على عزل الكهرباء، وتحملها للحرارة العالية، ثم استعملت بعد ذلك في كثير من الأغراض، فاستخدمت كمواد ملونة في صناعة اللدائن، وكمواد مضادة للفطريات في صناعة الطلاء، وفي صناعة ورقة التغليف، كذلك استعملت كمواد مخففة في صناعة بعض المبيدات الحشرية، وبعض المنظفات الصناعية.

وتتصف هذه المواد بسميتها الشديدة، وهي تؤثر تأثيرا سيئا في البيئة التي تظهر فيها وتلوثها تماما، خصوصا وأن هذه المواد شديدة الثبات، ولا تتحل بسهولة، وتعيش في الماء لعشرات السنين.

ويضع الخبراء مركبات هذه المجموعة على رأس قائمة المواد السامة التي توجد بالمخلفات الصناعية في الدول المتقدمة.

وعلى الرغم من عدم وجود إحصائيات دقيقة تتعلق بإنتاج هذه المواد إلا

انه يقدر أن الولايات المتحدة وحدها كانت تنتج منها عشرات الألوف من الأطنان كل عام. وقد استخدمت هذه المواد بإسراف شديد فيما مضى، ويقدر ما يوجد منها في الولايات المتحدة وحدها مختلطا بمختلف المنتجات بملايين الأرطال، وما زال جزء كبير من هذه المواد حبيس المخازن.

وتدعي السلطات الصحية في الولايات المتحدة أن كل فرد من أفراد الشعب الأمريكي، البالغ تعداده نحو 250 مليون نسمة، يحتوي جسمه على قدر ما من هذه المواد، مهما بلغت ضآلة هذا القدر، (مرجع رقم 38).

وقد تبين من بعض البحوث التي أجريت على حيوانات التجارب أن هذه المواد تختزن في الجسم وفي الأنسجة الدهنية بوجه خاص، وأن زيادة تركيز هذه المواد في جسم الكائن الحي يؤدي إلى الإصابة بالسرطان.

ومن الملاحظ أن التلوث الناتج من هذه المواد لا يكون ناتجا من استعمالها المباشر فقط، ولكنه قد يحدث كذلك أثناء إنتاجها، خصوصا عندما تلقي الشركات المنتجة لها بمخلفاتها في البحار.

ومثال ذلك أن إحدى الشركات الأمريكية المنتجة لبعض هذه المواد، ومن بينها مركب د. د. ت، كانت تلقي بمخلفات تصنيعها في المحيط الهادئ، مما تسبب في قتل الأسماك، وكثير من الكائنات الحية الأخرى في مساحة هائلة من هذه المياه.

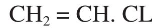
ونظرا لخطورة هذه المركبات على الصحة العامة، وعلى مختلف عناصر البيئة فقد قام كثير من الدول الصناعية بحظر إنتاج هذه المواد، أو استخدامها تحت أي ظرف من الظروف.

وعلى الرغم من هذا الخطر فما زالت الآثار الضارة لهذه المركبات تظهر مع الأسف الشديد من حين لآخر في البيئة المحيطة بنا، وذلك لأن المواد شديدة الثبات، وتعيش أمدا طويلا.

وهناك بعض المركبات العضوية الأخرى المحتوية على الهالوجين التي ينتشر استعمالها في كل الأغراض دون أن نأخذ في الاعتبار أثرها الضار. ومن أمثلة هذه المواد البوليمر المعروف باسم «بولي فاينيل كلوريد» (Poly vinyl Chloride)، ويطلق عليه عادة اسم «بي. في. سي» (P.V.C.).

ويتم تحضير هذه المادة ببلمرة مركب بسيط يعرف باسم «كلوريد الفاينيل» (Vinyl Chloride)، ويتم تصنيعها بكميات كبيرة تصل إلى نحو عشرة ملايين

طن في العام، وتستخدم في صناعة كثير من الأدوات المنزلية وبعض العبوات وما إليها.



كلوريد الفاينيل





بوليمر «بولي فاينيل كلوريد»

وتبدو خطورة هذه المادة عند استعمالها في بعض أجزاء صناعة الأغذية، وكذلك عند استخدامها في تعبئة بعض المواد الغذائية، وذلك لأن مادة «بي. في. سي» تحتوي دائما على نسبة ضئيلة من «كلوريد الفاينيل» الحر الذي لم يتحول إلى المادة المتبلمرة.

و«كلوريد الفاينيل» مادة سامة وتسبب الإصابة بالسرطان وتزداد خطورة مادة «بي. في. سي» كثيرا عند تعبئة بعض السوائل الهامة فيها مثل: اللبن، أو الزيت، أو بعض العصارات لأن «كلوريد الفاينيل» المتبقي في الزجاجات التي تعبأ فيها هذه السوائل سريعا ما يذوب فيها، وينتقل إلى الإنسان.

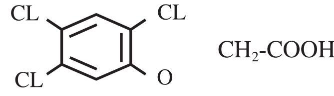
وهناك أيضا بعض المواد الأخرى المحتوية على الهالوجين التي تفوق سميتها سمية مركبات «بي. سي بي»، مثل مركبات الدايوكسين، وهي مواد تتكون أثناء تصنيع بعض مبيدات الأعشاب، وقد تتكون كنواتج ثانوية في عمليات تصنيع بعض المواد المطهرة.

والدايوكسين هو «رباعي كلورو ثنائي نزوبارا-ديواكسين» (Tetrachlorodibenzo-p-dioxin) ويرمز له (TCDD)، وهو يعتبر من أشد المواد التي حضرها الإنسان سميه، وتبلغ سميته وسرعة مفعوله حدا مشابها لغازات الأعصاب.

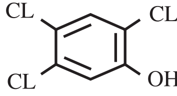
وقد تكون هذا المركب في أثناء تحضير بعض مبيدات الأعشاب مثل: «2, 4, 5- ثلاثي كلورو حمض فينوكسي اسيتيك» (Trichlorophenoxacetic Acid - 5, 4, 2) ويعرف باسم «2, 4, 5 - ت» (T - 5, 4, 2)، من المادة المعروفة باسم «2, 4, 5 - ثلاثي كلوروفينول» (Trichlorophenol - 5, 4, 2).

وقد استخدم الجيش الأمريكي مبيدات الأعشاب لإزالة جزء كبير من

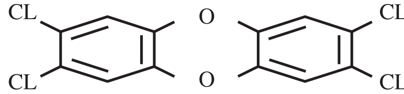
الغابات والأحراش في فيتنام أثناء الحرب الفيتنامية، وكان من بينها ثلاثة أنواع: منها ما سمي «أيجنت أورانج» (Agent orange)، و(أيجنت موايت»و«ايجنت بلو».



حمض 2, 4, 5 - ثلاثي كلورو فينوسكي استيك
[2, 4, 5 - T]



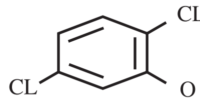
2, 4, 5 - ثلاثي كلوروفينول



الدايوكسين [TCDD]

وكانت «أيجنت أورانج» هي أهم هذه المواد، وهي تتكون من خليط من 2, 4, 5 - ثلاثي كلورو حمض فينوكسي اسيتيك «2, 4, 5 - ت» ومن 2, 4 - ثنائي كلورو حمض فينوكسي اسيتيك «2, 4 - د» (2, 4 - D) على هيئة استر البيوتيل.

وقد ألقى الجيش الأمريكي في الفترة (1961-1975) هذه المادة بالطائرات على جنوب فيتنام، وبلغت كميتها نحو 24180 طنا، وتم بواسطتها اقتلاع الغابات في مساحات هائلة تبلغ نحو 680000 هكتار.



2, 4- ثنائي كلورو حمض فينوكسي اسيتيك

وطبقا لطريقة تصنيع هذه المبيدات كان لا بد من أن يتكون معها قدر من مركب «الدايوكسين»، وهذا القدر الصغير من هذا المركب سبب أضرارا بالغة للبيئة في فيتنام.

وتبلغ سمية الدايوكسين حدا يفوق كل وصف، فالجرعة الصغيرة منه، والتي لا تزيد على 0,8 ميكروجرام، والميكروجرام يساوي جزءا من مليون جزء من الجرام، تستطيع أن تقتل أرنبا بالغا، كما أن هذا المركب يقتل يرقة الناموس عندما يكون تركيزه في الماء متناهيا في الصغر، ولا يزيد على ثلاثة أجزاء منه في كل ألف مليون جزء من الماء.

ولهذه الأسباب يعتبر مركب الدايوكسين والمركبات المماثلة له من أخطر المواد الملوثة للبيئة ومن أشدها ضررا، ولذلك يجب التخلص تماما من كل ما قد يتكون منها في العمليات الصناعية الخاصة بتحضير المواد المطهرة أو مبيدات الأعشاب، كما يجب منع ما قد يتسرب منها إلى مياه الصرف قبل إلقاء المخلفات الصناعية في المجاري المائية، ويجب الكشف بدقة عن أثر هذه المواد في جميع المنتجات المعدة للاستعمال في التطهر، أو في إبادة الأعشاب قبل طرحها في الأسواق.

وقد اكتشف الأثر السام للدايوكسين عام 1977، ووجد أنه قد يؤدي في بعض حالات التلوث الخفيف إلى بعض الالتهابات الجلدية، وقد يؤدي إلى إصابة بعض الأنسجة الرخوة بأورام خبيثة، وقد يحدث الوفاة.

ويعتقد كثير من الفيتناميين أن نسبة كبيرة من الاضطرابات الصحية التي يعاني منها بعض مواطنيهم مثل. التقرحات الجلدية الشديدة، أو الإصابة بمرض السرطان، أو مولد بعض الأطفال المشوهين بعد الحرب، يرجع السبب فيها إلى التعرض إلى الدايوكسين أثناء الحرب الفيتنامية.

وقد قامت مجموعة مشتركة من علماء الولايات المتحدة وعلماء فيتنام بالتعاون مع بعض الهيئات العالمية، (مرجع رقم 39) ببحث الآثار الناتجة من التلوث أو التعرض للدايوكسين، وذلك بعد عشرين عاما من استعماله في فيتنام، ووجدت هذه المجموعة أنه يوجد نحو 22,4 بيكوجرام(*) في كل جرام من الأنسجة الدهنية في أجسام من سبق لهم أن تعرضوا لهذه المادة منذ عشرين عاما، وقد يصل هذا التركيز إلى نحو 103 بيكوجرامات في بعض الحالات.

وقد بين بعض البحوث الأخرى أن هناك نسبة من هذه المادة في دماء وفي أنسجة بعض الجنود الأمريكيين الذين خدموا في فيتنام، ولم يتعرضوا

(*) البيكوجرام = جزء من مليون مليون جزء من الجرام أي يساوي 10- 12 جرام.

للدايوكسين تعرضا مباشرا، (مرجع رقم 40).

وقد بين بعض التحاليل الدقيقة أن نسبة الدايوكسين في خليط «أيجنت أورانج» الذي ألقي على فيتنام كانت في حدود 2 جزء في المليون، ووصلت في بعض الحالات إلى 47 جزء في المليون (مرجع رقم 41)، وهو تركيز مرتفع بالنسبة للسمية الشديدة لهذا المركب.

والتخلص من التلوث الناشئ عن هذه المركبات يمثل إحدى المهمات العسيرة التي تقابل المهتمين بإزالة عوامل التلوث من البيئة.

ومن أمثلة ذلك حالة التلوث التي ظهرت في ولاية ميسوري بالولايات المتحدة، إذ تبين أن أحد الزيوت التي استخدمت في رش الطرق في هذه الولاية به آثار من مركب الدايوكسين.

ولم ينحصر التلوث في المنطقة التي استخدم فيها هذا الزيت، بل امتد ليشمل مناطق أخرى مجاورة، وانتشر في بعض المجاري المائية الموجودة بهذه المنطقة.

وقد وجدت السلطات الصحية صعوبة بالغة في إزالة التلوث بمركب الدايوكسين، وقد اقتضى الأمر في بعض الحالات المماثلة إلى كشط السطح العلوي من التربة، والتخلص منه في أماكن بعيدة عن العمران.

ويشبه الدايوكسين والمركبات المماثلة له مركبات «بي. سي. بي» في ثباتها، فهي لا تنحل بسهولة تحت الظروف الطبيعية السائدة. وهذا الثبات الكيميائي يزيد كثيرا من سمية هذه المركبات.

وقد أجرى بعض التجارب لتقدير الثبات الكيميائي لهذه المركبات، وتبين من هذه التجارب أن «عمر النصف» لمركب الدايوكسين لا يقل عن عشر سنوات تحت الظروف المعتادة، ويعني هذا أنه إذا وجد جرام واحد من الدايوكسين في بحيرة ما فإن نصف هذه الكمية، أي نصف جرام فقط، ينحل ويتفكك في خلال عشر سنوات، ثم ينحل نصف الكمية المتبقية، أي ربع جرام فقط، خلال السنوات العشر التالية، وهكذا، مما يدل دلالة قاطعة على الثبات الكبير لمثل هذه المركبات.

استخدام الكائنات الدقيقة للقضاء على التلوث الكيميائي:

يجري الآن بعض البحوث التي تتعلق باستخدام أنواع خاصة من الكائنات

الدقيقة للقضاء على بعض أنواع التلوث الكيميائي، خصوصا التلوث الناتج من استخدام بعض مبيدات الأعشاب ومبيدات الحشرات التي تحتوي جزيئاتها على الهالوجين، وتتصف بثباتها الكبير.

وتتجه البحوث الحالية إلى اتجاهين رئيسين: يتلخص الأول منهما في إيجاد نوع من الكائنات الدقيقة التي تستطيع أن تحلل هذه المركبات وتتغذى بها، أو استنباط أنواع أخرى تستطيع أن تفكك هذه المركبات، وتحولها إلى مركبات أخرى غير ضارة.

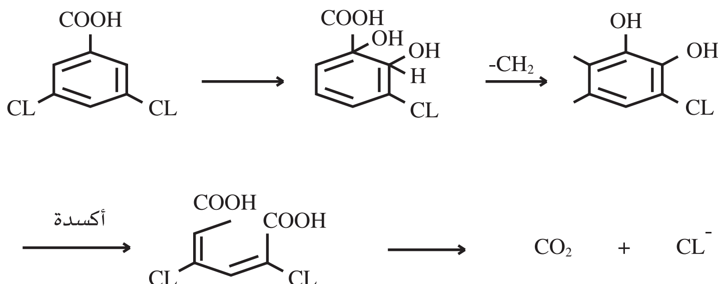
وقد توصل العلماء إلى كائنات دقيقة من النوع الأول، من عائلة (Pseudomonas)، وهي تمتلك نظاما من الأنزيمات تستطيع بواسطته أن تقوم بعمليات الأكسدة والاختزال، وتؤدي إلى إدخال مجموعات هيدروكسيل في المركبات وتقوم بهذا الأسلوب بتمثيل عدد كبير من الهيدروكربونات. وهناك أنواع أخرى من الكائنات تقوم بتحويل المواد العضوية إلى مواد غير عضوية مثل: النشادر، وثاني أكسيد الكربون.

وقد بين بعض الباحثين بجامعة كاليفورنيا بالولايات المتحدة، (مرجع رقم 42)، أنه باستخدام نوعين من الكائنات الدقيقة من جنس (P. Slutzeri and P. Aeruginosa)، يمكن تحليل جزيئات مبيد حشري يعرف باسم (باراثيون) (Parathion)، وهو مبيد قوي، ويعتبر ملوثا شديدا للبيئة.

كذلك استطاع باحثون آخرون بجامعة ألينوي بالولايات المتحدة، (مرجع رقم 43)، عام 1980 من تحضير مزرعة من البكتيريا استطاعت أن تحلل مبيد الأعشاب «2 و 4 و5 - ت» [2 و 4 و 5 - ثلاثي كلورو حمض فينوكسي اسيتيك] تحليلا كاملا في عدة أيام.

ولا يعرف على وجه التحديد ما حدث لمركب «2 و 4 و5- ت»، ولكن بعض البحوث الأخرى المماثلة بينت أن بعض الجزيئات العضوية الأخرى التي تشبه في تركيبها للمبيد «2 و 4 و5- ت»، مثل مركب 3 و5- ثنائي كلورور- حمض بنزويك تتحول عن طريق الأكسدة، وإدخال مجموعات الهيدروكسيل إلى مركبات أخرى أبسط منها، وتتأكسد في نهاية الأمر إلى غاز ثاني أكسيد الكربون والماء، ويتصاعد منها غاز الكلور أو غاز كلوريد الهيدروجين، كما في المعادلات التوضيحية التالية.

وهناك أمل كبير في نجاح مثل هذه الطرائق البيولوجية في القضاء



على التلوث بمركبات الهالوجين العضوية، وإن كان الأمر يتطلب ضرورة استعمال أكثر من نوع من الكائنات الحية الدقيقة، وتقع الصعوبة في مثل هذه العمليات في ضرورة السيطرة التامة على مثل هذه المزارع البكتيرية الضخمة عند استعمالها صناعيا.

التلوث الكيميائي الناتج من الحوادث الصناعية:

هناك ثلاثة أحداث درامية تعتبر علامة على عصرنا الحاضر الذي تقدمت فيه كثيرا تكنولوجيا الصناعات الكيميائية، ومع ذلك لم تستطع هذه التكنولوجيا المتقدمة أن تتلافى الأخطار الناجمة عن المواد الكيميائية الصناعية التي تمثل خطرا داهما على البيئة، وعلى صحة الإنسان.

حادث فيزين:

الحادث الأول يعرف باسم حادث «فيزين» (Feyzin)، وقع في 4 يناير 1966 في معمل تكرير للبترول يقع بجوار مدينة ليون بفرنسا.

وقد جرت العادة في هذا المعمل على تخزين غاز البيوتان في خزان كروي سعته 2000 متر مكعب، وكذلك تخزين غاز البروبان في خزان كروي آخر سعته 1200 متر مكعب، وكان يتم إخراج الماء المتجمع في الجزء الأسفل من هذه الخزانات عن طريق بوابتين متجاورتين.

ونتيجة تبخر الغاز أثناء هذه العملية تجمع بعض الجليد على هاتين البوابتين مما جعل هناك بعض الصعوبة في أقفالهما، وزاد من احتمالات تسرب الغازات.

وفي يوم الحادث تسرب غاز البروبان من الخزان، ونظرا لأن الغاز أثقل من الهواء، ولم تكن هناك رياح ملحوظة، فقد انتشر الغاز مكونا غلالة فوق سطح الأرض.

وعندما وصلت غلالة الغاز إلى طريق السيارات المجاور للمصنع اشتعل الغاز، وانفجرت الخزانات الكروية. ونظرا لأنه كان بالموقع 170 فردا، في ذلك الوقت، فقد أدى هذا الانفجار إلى موت سبعة عشر فردا، وإصابة نحو 84 فردا بجراح.

ولم يمض بعض الوقت على الانفجار الأول حتى انفجرت كرة أخرى من خزانات الغاز، ولم يؤد هذا الانفجار الثاني إلى حدوث وفيات، ولكنه أحدث تدميرا شديدا بالإضافة إلى التدمير الناشئ عن الانفجار الأول، ونتج من هذه الانفجارات ظهور حفرة بالموقع عمقها أكثر من مترين وطولها نحو 35 مترا، وعرضها نحو 16 مترا، (مرجع رقم 44).

حادث فلكسبورو:

أما الحادث الثاني فيعرف باسم حادث «فلكسبورو» (Flixborough)، وهي مدينة صغيرة تقع على بعد نحو 260 كيلومترا شمال مدينة لندن، وبها مصنع صغير يقوم بتحضير بعض المواد الوسيطة المستعملة في صناعة النايلون.

ويوجد بهذا المصنع وحدة خاصة لأكسدة مركب الهكسان الحلقي بواسطة الهواء، وتتكون هذه الوحدة من ستة أجهزة تفاعل متتالية، تبلغ سعتها مجتمعة 45 مترا مكعبا، وتعمل تحت الضغط، وعند درجة حرارة 155 مئوية.

وفي 27 مارس 1974 لاحظ أحد المراقبين حدوث تسرب من أحد هذه الأجهزة، وهو الجهاز رقم 5، وتقرر سحب هذا الجهاز من خط التصنيع، وتوصيل الجهاز رقم 4 بالجهاز رقم 6 مباشرة، حتى يتم إصلاح الجهاز ا لخامس.

وفي 29 مايو من العام نفسه حدث تسرب آخر، وقد استدعى ذلك إيقاف كل الأجهزة عن العمل لإصلاح العطب.

وقد تكررت عمليات التشغيل والإيقاف لمنع التسرب عدة مرات، ولم يتحمل بعض الوصلات الضغط المرتفع فانفجرت، واندفع منها نحو 50 طنا

من سائل الهكسان الحلقي الساخن، (مرجع رقم 44).

وقد اشتعلت الأبخرة الناتجة وأدت إلى انفجار هائل سمع صوته على بعد 50 كيلومترا من المصنع، وأدى هذا الانفجار إلى تدمير جميع الأجهزة والمباني في دائرة نصف قطرها نحو 600 متر، كانت قوة الانفجار تماثل قوة الانفجار الناتج من عشرين طنا من ت. ن. ت (TNT).

وقد كان بالموقع 72 فردا مات منهم 28 فردا، وأصيب 36 فردا بجروح، كما أصيب نحو 53 فردا من خارج المصنع.

حادث بوبال:

ويعرف الحادث الثالث باسم حادث «بوبال» (Bhopal) وبوبال عاصمة ولاية في وسط الهند، وتقع على بعد 580 كيلومترا من دلهي وأقيم بها مصنع تابع لشركة «يونيون كاربايد» (Union Carbide) الأمريكية يقوم بتصنيع مبيد حشري تحت اسم «كارباريل» (Carbaryl).

ويدخل في تصنيع هذا المبيد مادة «ايسوسيانات المثيل» (Methyl Isocyanate)، وهي غاز سام في درجات الحرارة العادية، ولذلك يتم تخزينه في صهاريج خاصة عند درجة الصفر المئوي، وتحت ضغط 2,4 جو من غاز ا لنتروجين.

وتوجد بجوار هذه الصهاريج وحدة خاصة تستعمل في معالجة الغاز عند حدوث أي تسرب، وهي تتكون من أبراج غسيل (Scrubbers) يمتص فيها الغاز بمحلول الصودا الكاوية، كما يتم إحراق الغاز الذي لم يتم امتصاصه في هذه الأبراج قبل دفعه إلى الهواء.

وفي 2 ديسمبر 1984 كانت إحدى مجموعات الصيانة تعمل لإصلاح وصلة بين أجهزة التصنيع وأجهزة التخزين بعد أن اكتشفت أن هناك تسربا من الغاز، وقد لاحظت هذه المجموعة أن الضغط في داخل خزان التخزين قد بدا بالارتفاع، ووصل إلى 3,8 جو، ولم يكن أمامهم إلا فتح الوصلة الموصلة إلى أبراج الغسيل لتخفيف هذا الضغط.

ونظرا لأن وحدة الغسيل كانت معطلة وأهملت صيانتها، فلم يتحمل برج الغسيل الوحيد الصالح للعمل هذا الضغط، ولذلك فقد اندفع هذا الغاز السام إلى الهواء وغطى مساحة كبيرة من الأرض بلغت نحو أربعين كيلومترا

مربعا.

وفي الحال شعر سكان بوبال، وعددهم 800000 فرد بالتهابات شديدة في العين وفي الحنجرة، وتوفي بعض منهم وهو نائم، كما توفي البعض الآخر وهو يهرب في طريقه إلى محطة السكة الحديدية، وترتب على هذا الحادث وفاة أكثر من ألفين من الأشخاص، وقد ذكرت جريدة «هندوستان تايمز» الصادرة في فبراير 1985 أن 25٪ من السيدات الحوامل اللاتي تعرضن لهذا الغاز، ولد أطفالهن أمواتا، وأن نحو 30٪ من المواليد الآخرين كان وزنهم أقل من الوزن الطبيعي المعتاد. (مرجع رقم 45).

ويبدو أن عام 1984 كان عاما سيئا بالنسبة للصناعات الكيميائية بوجه عام، فقد حدث فيه بعض الحوادث المماثلة في كثير من البلدان، من بينها انفجار أنبوبة في خط أنابيب لزيت البترول في «كوباتاو» (Cubatoa) بالبرازيل أدى إلى وفاة نحو 500 شخص.

كذلك انفجر في المكسيك نحو ثمانين ألف برميل من الغاز الطبيعي المسال، واشتعلت فيها النيران، مما أدى إلى وفاة نحو 452 فردا، وإصابة نحو 4248 آخرين بجراح، كما فقد في هذا الحادث مائة شخص على الأقل.

وقد لفتت الحوادث الصناعية وآخرها حادثة «بوبال» أنظار العالم إلى خطورة التلوث الحادث منها، ودفعت كثيرا من الهيئات والحكومات إلى الاهتمام بضرورة وضع برنامج دولي يتضمن وضع أنظمة آمنة ومحكمة تتعلق بتصنيع المواد الكيميائية، وطرائق نقلها وتخزينها، وفرض رقابة دائمة عليها حفاظا على حياة العاملين بها، وحفاظا على البيئة المحيطة بهذه الصناعات.

وقد قدمت بحوث كثيرة في هذا المجال، منها بحوث خاصة بطرق تقدير هذه الأخطار تحت اسم (Hazard and Operability Study) ويرمز لها بالأحرف (HAZOP)، (مرجع رقم 46)، كما عقدت لذلك مؤتمرات خاصة، مثل المؤتمر العالمي لحوادث الكيميائيات الذي عقد في روما عام 1987 (World Conference on Chemical Accidents).

ومن الملاحظ أن المخلفات الصناعية تتعدد أنواعها بشكل كبير. فقد يكون التلوث ناشئا عن احتواء مثل هذه المخلفات على محاليل السيانيدات المستعملة في عمليات التحليل الكهربائي، أو من بعض المذيبات والأصباغ

والألوان وغيرها من المواد الكيميائية، ولذلك لا يمكن وضع نظام عام لمنع التلوث بهذه المخلفات، ويفضل أن يتم ذلك في كل صناعة على حدة في أدرى بالشوائب الموجودة بمخلفاتها، على أن يتم ذلك تحت رقابة دقيقة من السلطات الصحية المعنية بالأمر.

وقد لوحظ في السنوات الأخيرة أن بعض الدول الأوروبية تجد صعوبة كبيرة في التخلص من بعض النفايات الصناعية، وقد قام بعض هذه الدول بوضع هذه النفايات السامة والخطيرة على سفن خاصة، وأرسلت هذه السفن لتطوف في البحار لكي تلقي هذه المخلفات في أماكن بعيدة عنها أمام السواحل الأفريقية، أو في البحر الأحمر، أو أمام سواحل أمريكا الجنوبية.

وقد تكرر هذا الوضع أكثر من مرة، ولذلك فقد فرض بعض الدول الأفريقية، ومنها جمهورية مصر العربية، رقابة شديدة على مثل هذه السفن لمنعها من إلقاء مثل هذه المخلفات الصناعية السامة في مياهها الإقليمية، أو أمام سواحلها البحرية.

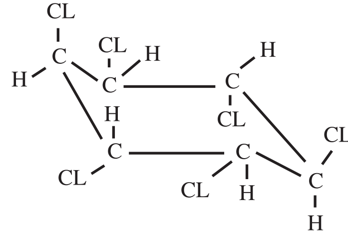
ويبحث العلماء الآن عن طرق ذات كفاءة عالية للتخلص من هذه النفايات، ومن المقترح أن يتم ذلك إما بطرق التحليل الكهربائي لفصل بعض الفلزات منها مثل: الزئبق، والفضة، أو البلوتونيوم وإما بإحراق هذه النفايات عند درجة حرارة عالية للتخلص منها نهائيا وتحويلها إلى ثاني أكسيد الكربون والماء، ومن المعتقد أنه ستقام مصانع خاصة لهذا الغرض، وقد يلحق بعض هذه الأفران بالمصانع التي تحتاج إليها طرق نفاياتها.

12 التلوث بالمبيدات الحشرية

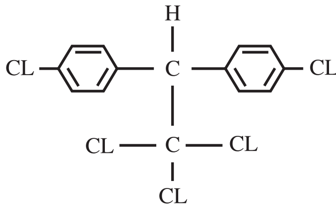
أفرط الإنسان كثيرا في هذا العصر في استخدام المواد الكيميائية في كل الميادين، وتعتبر المبيدات الحشرية المستخدمة في مكافحة الآفات من أخطر هذه المواد وأكثرها انتشارا. وتتنوع أشكال المبيدات الحشرية، ولكن أغلبها ينتسب إلى مجموعة المركبات العضوية المحتوية على الهالوجين، وربما كان مركب د. د. ت (DDT) هو أكثر هذه المبيدات شهرة وأكثرها انتشارا حتى الآن.

ويعرف د. د. ت كيميائيا باسم «ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو إيثان» (p-Dichloro diphenyl trichloro-ethan)، وبدأ استعماله خلال الحرب العالمية الثانية كمبيد حشري شديد الفعالية، كما استعمل بعد ذلك في مكافحة الآفات في كثير من البلاد.

وهناك مبيدات أخرى تتصف بفعاليتها الشديدة، ومن أمثلتها «اللندان»، وهو «ايسومر جاما لمركب سداسي كلورو سيكلرهكسان» (6-Hexachloro-cyclohexane)، ويعتبر من أقوى المبيدات المعروفة، وتقدر سميته بنحو 5-20 مرة قدر سمية د. د. ت ضد الحشرات، واستعمل في كثير من الدول لمكافحة الآفات الزراعية.

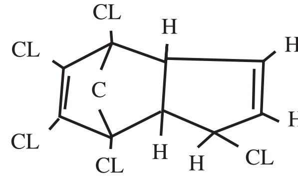


لندان Lindane
«جاما-سداسي كلورو سيكلوهكسان»

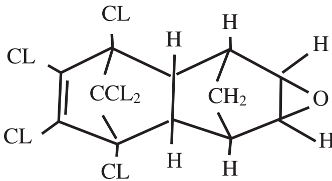


د.د.ت DDT
ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو ايثان»

وهناك أيضا بعض المركبات العضوية المحتوية على الكلور، والمشتقة من السيكلوبنتادايين، مثل الدايلدرين والهثباكلور والكلوردان (Chlordane)، وتعتبر هذه المواد من المبيدات القوية المستخدمة في مكافحة الآفات الزراعية.



هبتا كلور
Heptachlore



دايلدرين
Dieldrine

والتلوث بالمبيدات الحشرية ظاهرة حديثة لم يعرفها الإنسان إلا في النصف الثاني من هذا القرن. ويؤدي الإسراف في استخدام هذه المبيدات إلى تلوث التربة الزراعية. فغالبا ما يتبقى جزء كبير من هذا المبيدات في الأرض الزراعية، وقد تصل نسبته إلى نحو 15٪ من كمية المبيد المستعمل.

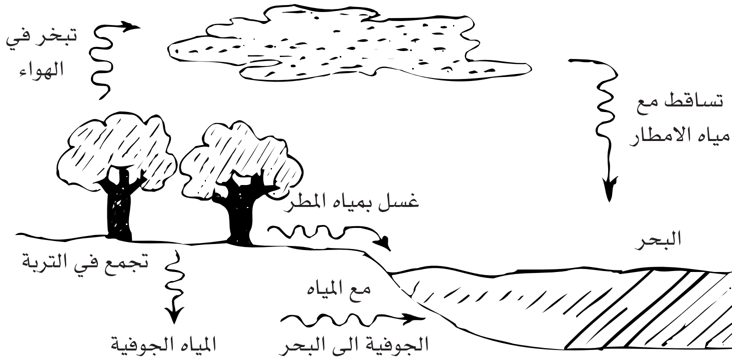
ولا يزول أثر مثل هذه المبيدات المتبقية في التربة إلا بعد انقضاء مدة طويلة قد تصل إلى أكثر من عشر سنوات، وقد تحمل مياه الأمطار بعض هذه المبيدات من التربة إلى المجاري المائية، وتسبب كثيرا من الأضرار لما بها من كائنات حية، وقد تصيب بالضرر كلا من الحيوان والإنسان.

كذلك قد تمتص النباتات التي تزرع في هذه التربة جزءا من هذه

المبيدات وتختزنها في أنسجتها، ثم تنتقل هذه المبيدات بعد ذلك إلى الحيوانات التي تتغذى بهذه النباتات، وتظهر في ألبانها وفي لحومها، وتسبب كثيرا من الضرر لمن يتناولون هذه الألبان.

وفي بعض الحالات ترش هذه المبيدات في الحقول بواسطة الطائرات من الجو، ولا تؤدي هذه الطريقة إلى تلوث التربة فقط، ولكنها تؤدي أيضا إلى تلوث الهواء بقدر كبير من هذه المبيدات، قد يصل أحيانا إلى 50٪ من المبيد المستعمل.

وتنتشر المبيدات في كل مكان مع دورة الماء والهواء، فالجزء الذي يبقى منها في التربة قد يصل إلى المياه الجوفية ويذهب معها إلى الأنهار والبحار، وقد تغسله مياه الأمطار وتحمله معها إلى البحار. كذلك فإن الجزء الذي يحمله الهواء تغسله مياه الأمطار، وتلقيه في البحار، (شكل 12).



(شكل 12)

انتشار المبيدات مع دورة الماء والهواء

ويستدل على هذه الدورة من اكتشاف وجود آثار لبعض المبيدات مثل د. د. ت في أماكن نائية لم تستعمل فيها أبدا هذه المبيدات، ومثال ذلك اكتشاف وجود آثار من د. د. ت في الجليد المغطي للقارة القطبية الجنوبية.

ويعتبر كثير من هذه المبيدات الحشرية مواد سامة بالنسبة لأغلب الكائنات الحية، ومثال ذلك أنه عند تعريض بيض السمك إلى تركيز من

مادة د. ت. ت لا يزيد على خمسة أجزاء في المليون في الماء يموت منه نحو 48٪، وترتفع هذه النسبة إلى 93٪ عند استخدام تركيز مماثل من الكوردان، والى 100٪ عند استخدام الدايلدرين.

ومما يزيد من خطورة هذه المركبات أنها شديدة الثبات، وتبقى دون أن تتحل زمنا طويلا، ولذلك يبقى أثرها في البيئة زمنا طويلا بعد استعمالها، ومن أمثلة ذلك أنه وجدت نسبة عالية من المبيد الحشري «الأندرين» تبلغ نحو 41٪ من الكمية التي رشت في أحد الحقول، وذلك بعد انقضاء أربعة عشر عاما على رش هذا الحقل.

ولا شك أن هذا الثبات الهائل لمثل هذه المبيدات يرجح أن تكون هناك نسبة ما من هذه المبيدات ما زالت باقية في أجسام النباتات والحيوانات التي توجد بهذه، الحقول.

ويؤدي بعض المبيدات الحشرية إلى قتل كثير من الكائنات الدقيقة التي تعيش في الماء، وهذه الكائنات لها دور هام في التوازن الطبيعي للبيئة، فهذه الكائنات تساهم في تنقية الماء من كثير من عوامل التلوث، وذلك لأنها تساعد على الحفاظ على نسبة الأكسجين الذائب في المياه.كذلك قد تؤدي هذه المبيدات إلى قتل بعض الحيوانات الأخرى مثل الأسماك والطيور بطريقة غير مباشرة، وذلك عن طريق سلسلة الغذاء.

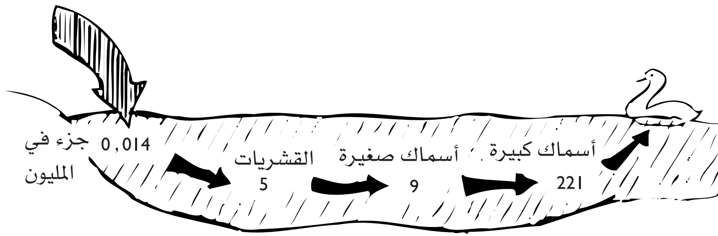
وقد عبر أحد العلماء عن سلسلة الغذاء بقوله: إن حشرة صغيرة قد تأكل حافة أحد أوراق نبات ملوث بالمبيد الحشري، ثم تأتي حشرة أكبر فتلتهم عددا من هذه الحشرات الصغيرة، ويأتي بعد ذلك عصفور نهم فيأكل أعدادا كبيرة من هذه الحشرات الكبيرة، وأخيرا يأتي صقر مفترس ليلتهم هذا العصفور.

ومن الملاحظ أن كل خطوة من هذه الخطوات تؤدي إلى تركيز المبيد الحشري في جسم الحيوان، ويبلغ هذا التركيز أقصاه في جسم الحيوان الذي يقع في نهاية هذه السلسلة.

ويبدو تأثير هذه السلسلة في كثير من الأماكن. ففي إحدى البحيرات الأمريكية بولاية كاليفورنيا، وتعرف باسم بحيرة «كلير» (Clear Lake)، استعملت نسبة ضئيلة من مبيد حشري يماثل مبيد د. د. ت، ويعرف باسم «د. د. د» (DDD)، بتركيز لا يزيد على 0,014 جزء في المليون للقضاء على

أحد الكائنات غير المرغوب في وجودها في مياه هذه البحيرة.

وبمضي الوقت لوحظ أن بعض الأسماك التي تعيش في هذه البحيرة قد ماتت، وكذلك بعض الطيور والبط البري، ثم تبين بالتحليل أنه على الرغم من أن ماء البحيرة لم يكن يحتوي إلا على 0,014 جزء في المليون إلا أن هذه النسبة ارتفعت إلى 221 جزءا في المليون في الأسماك الكبيرة، وإلى نحو 2500 جزء في المليون في الأنسجة الدهنية للبط البري الذي يعيش فوق سطح هذه البحيرة، (شكل 13).



(شكل 13)

ازديادتركيز المبيدات (DDD) في أجسام الحيوانات أثناء الصعود في سلسلة الغذاء في «بحيرة كلير» بكاليفورنيا.

ويؤدي الإسراف في استخدام المبيدات الحشرية إلى فقدان التوازن الطبيعي القائم بين الآفات وأعدائها الطبيعيين، وقد ينتج من ذلك زيادة كبيرة وغير متوقعة لنوع من هذه الآفات.

ومن أمثلة ذلك انتشار العنكبوت الأحمر، ودودة اللوز في جمهورية مصر العربية في أعقاب استخدام بعض المبيدات الحشرية بإسراف شديد، وبطريقة غير محسوبة، ولم تكن مثل هذه الحشرات من الآفات الخطيرة فيما مضى. ولكن قتل المبيدات لأعدائها الطبيعيين ترك لها حرية التكاثر وأطلق لها العنان.

كذلك أدى الإسراف في استخدام المبيدات الحشرية إلى القضاء تقريبا على الحدأة المصرية، التي أصبحت نادرة الوجود في الريف المصري، كما أثر ذلك أيضا في الغراب، واصبح هو الآخر مهددا بالانقراض.

وقد تتأثر الماشية وبعض الحيوانات الثديية بهذه المبيدات بشكل أو بآخر، وقد يؤدي ذلك إلى قتل بعض هذه الحيوانات.

ومن أمثلة ذلك ما حدث في جمهورية مصر العربية عام 1971، فقد نتج من استعمال تركيزات عالية من أحد المبيدات في مقاومة دودة القطن أن تسمم ما يقرب من 1500 من عجول التسمين في منطقة قطور الواقعة في دلتا النيل على مسافة نحو 100 كيلومتر شمال مدينة القاهرة.

وقد حدث شيء مماثل في عام 1968 في جمهورية مصر العربية عند رش حقول القطن بمركب اللندان من الجو بواسطة الطائرات، فقد نتج من ذلك تسمم عدد كبير من الماشية والأبقار وغيرها من الحيوانات بلغ نحو 483 أو أكثر من ذلك.

ويتأثر الإنسان كذلك بهذه المبيدات. فالعمال الذين يعملون بمصانع هذه المبيدات يتأثرون بها بطريقة مباشرة، إما عن طريق الملامسة وإما عن طريق استنشاق أبخرة هذه المبيدات.

كذلك يتعرض لهذا الخطر العمال الذين يقومون برش هذه المبيدات في الحقول، كما يتعرض له أيضا بعض سكان القرى المجاورة للحقول المعالجة بهذه المبيدات.

والأمثلة على ذلك كثيرة: ففي الهند بلغت حالات التسمم بالمبيدات نحو 100 حالة عام 1958، ونحو 74 حالة في عام 1967، وفي سوريا بلغت هذه الحالات نحو 1500 حالة في أوائل الستينات، كما تسمم أيضا نحو 336 فردا في اليابان منذ عدة سنوات للأسباب نفسها، (مرجعا رقم 47 و 48).

وقد يتأثر الإنسان بهذه المبيدات بطريقة غير مباشرة، فهو يتغذى بالنباتات والحيوانات ومنتجاتها، ويصل إليه مع هذا الغذاء كل ما يختزن من المبيدات في أنسجة هذه النباتات والحيوانات، وكل ما يلوث منتجاتها مثل: البيض، واللبن، والزبد، وما إلى ذلك.

وقد تبين أن بعض الحيوانات لها القدرة على تركيز بعض هذه المبيدات في أنسجتها، مهما كانت نسبة المبيدات التي تتعرض لها، وقد اتضح من تحليل الأنسجة الدهنية لبعض هذه الحيوانات أن كثيرا منها تحتوي أنسجته على تركيزات محسوسة من مبيد الدايلدرين، تصل في بعض الأحيان إلى نحو 11 جزءا في المليون.

كذلك تبين أن القشدة الناتجة من عجول تربت في الحقول المعالجة بهذه المبيدات تحتوي على تركيز مرتفع يصل إلى نحو 13 جزءا في المليون من مبيد الدايلدرين، وهي نسبة عالية ستنتقل قطعا إلى الإنسان عندما يتغذى بهذه الحيوانات ومنتجاتها.

ويعتبر المبيد الحشري د. د. ت من أكثر المبيدات الحشرية استعمالا وأكثرها انتشارا، وتقدر الكمية التي استعملت من هذا المبيد منذ عام 1943 بنحو ثلاثة ملايين طن على وجه التقريب.

وقد أدى الإسراف الشديد في استعمال مبيد د. د. ت. إلى وجود آثار منه في كل مكان: في الماء، وفي التربة، وفي أجسام كثير من الكائنات. ويقال إن هناك نسبة ما من هذا المبيد في جسم كل إنسان على سطح الأرض مهما كانت ضآلة هذه النسبة.

كذلك تبين أن لبن ثدي بعض الأمهات يحتوي على تركيز طفيف من هذا المبيد، وفي ذلك خطورة شديدة لأنه سينتقل إلى الأطفال الرضع، ولا أحد يدري ما قد يحدث من ضرر لهؤلاء الأطفال في مستقبل حياتهم.

وقد اتضح من التجارب الكثيرة، التي أجريت على حيوانات التجارب، أن التعرض لتركيز زائد من هذا المبيد يسبب عدة أمراض منها. حدوث بعض الاضطرابات في وظيفة كل من المعدة والكبد، ومنها فقدان الذاكرة وبعض مظاهر التبلد والخمول، وقد يؤدي أيضا إلى تدمير العناصر الوراثية في الخلايا، وتكوين أجنة مشوهة.

كذلك تبين أن مبيد د. د. ت يتدخل في العمليات الكيميائية المؤدية إلى تكوين عنصر الكالسيوم في أجسام الطيور، ويؤدي ذلك إلى وضع هذه الطيور لبيض رقيق القشرة لا يتحمل الصدمات، وقد يتهشم هذا البيض في بعض الأحيان تحت ثقل جسم أنثى الطائر عندما تحتضنه لتدفئته، مما ينتج منه موت الأجنة وتعرض هذه الطيور للانقراض.

ومن أمثلة هذه الطيور التي أوشك بعضها على الانقراض لهذه الأسباب نفسها، النسر الأمريكي، والصقر، وطائر البليكان، وغيرها.

وقد قام كثير من الدول مثل: الولايات المتحدة الأمريكية، وكندا، والسويد بحظر استخدام د. د. ت وغيره من المبيدات بعد أن اكتشفت سمية هذه المبيدات لكثير من الكائنات الفقارية غير الحشرات.

وهناك مبيدات أخرى يستخدمها بعض المزارعين للقضاء على الفطريات التي تضر بزراعاتهم، وهي مبيدات تحتوي على فلز الزئبق في تركيبها، وهي تلوث التربة بهذا الفلز الذي يبقى فيها مدة طويلة، كما أن جزءا من هذه المبيدات تجرفه مياه الأمطار ومياه الري، وتحمله إلى المياه الجوفية، وإلى الأنهار والبحيرات، وبذلك تل,ث هذه المياه بفلز الزئبق.

وقد حظر كثير من الدول استخدام مثل هذه المركبات التي تحتوي على الزئبق بعد أن تبين ظهور هذا الفلز في أجسام كثير من الكائنات الحية في كل مكان، كما سبق ذكره..

ولا يمكن الاستغناء عن المبيدات الحشرية كليا. فإننا لو تراجعنا عن استخدام هذه المبيدات، ولو لمدة قصيرة، لأدى ذلك إلى انتشار الحشرات والآفات بصورة مخيفة، ولقضت هذه الآفات على كثير من المحاصيل الاقتصادية التي يعتمد عليها الإنسان في غذائه.

ويطالب المزارعون على الدوام بمزيد من المبيدات قوية التأثير، بينما تطالب السلطات الصحية بالحد من استخدام مثل هذه المبيدات التي تؤدي إلى تلوث البيئة، والى الإضرار بالنبات والحيوان، وقد يمتد تأثيرها الضار إلى الإنسان.

وقد تمكن العلماء من استخدام المواد الجاذبة للجنس التي تطلقها إناث الحشرات لهذا الغرض، فهي تجذب ذكور هذه الحشرات من كل مكان، وبذلك يمكن تجميع هذه الذكور في مكان واحد، على هيئة مصيدة، والقضاء عليها بمبيد حشري قوي دفعة واحدة.

ولاشك أن هذه الطريقة تفوق كثيرا الطريقة التقليدية التي تستخدم فيها المبيدات بطريقة الرش على أوسع نطاق لتغطي اكبر مساحة ممكنة من الحقول، فهذه الطريقة الأخيرة تؤدي إلى تلوث البيئة، كما أنها تتسبب في قتل كل أنواع الحشرات، الضارة منها والنافعة، دون تمييز.

وتقل أخطار هذه المبيدات كثيرا عند استعمال المواد الجاذبة للجنس، وذلك لأن المبيد الحشري يستعمل في حيز محدود جدا، وهو حيز المصيدة، وبذلك لا يكون هناك إسراف في استخدام المبيد، كما أن المواد الجاذبة للجنس نوعية التأثير، ولذلك فإن استعمال مادة جاذبة للجنس لأحد الأنواع يستدعي فقط ذكور هذا النوع من الحشرات، بينما لا تتأثر به ذكور الحشرات

الأخرى، وبذلك يمكن القضاء على نوع ما من الحشرات دون المساس بحياة الحشرات النافعة الأخرى.

ويتضح من ذلك أنه إذا أجيد استخدام المواد الجاذبة للجنس في مقاومة الآفات فإن معركة الإنسان مع الحشرات الضارة ستكون أكثر كفاءة وأقل تكلفة، بالإضافة إلى أن الأثر السام للمبيدات الحشرية سيصبح محليا ومحدودا إلى حد كبير، مما يقلل من أخطار تلوث البيئة بهذه المبيدات.

13 التلوث بالمخصبات الزراعية

تعتبر التربة الصالحة للزراعة مصدرا هاما من مصادر إنتاج الغذاء.

ويمثل النقص في مساحة التربة الزراعية، أو النقص في قدرتها على إنتاج المحاصيل الاقتصادية التي يعتمد عليها الإنسان، خطرا كبيرا على الدولة، لأن ذلك سيدفعها إلى الاعتماد على غيرها في تدبير احتياجاتها من الغذاء.

ولاشك أنه في العصر القادم ستكون الدولة القوية هي تلك الدولة التي تستطيع أن تنتج غذاءها بنفسها.

ويتزايد الطلب على الغذاء اليوم في كل مكان نتيجة الزيادة الهائلة في أعداد سكان الكرة الأرضية. ونظرا لأن التربة الزراعية الصالحة لزراعة المحاصيل، على مستوى الكرة الأرضية، تعتبر محدودة إلى حد ما، فقد دفع ذلك كثيرا من المزارعين إلى استخدام أنواع مختلفة من المخصبات الزراعية مثل: مركبات الفوسفات، والنترات لزيادة خصوبة التربة المتاحة لهم، وزيادة إنتاجها من المحاصيل الرئيسة التي يعتمد عليها الإنسان في حياته.

وعند استخدام المخصبات الزراعية بطريقة

غير محسوبة فإن جزءا كبيرا من هذه المخصبات قد يتبقى في التربة، وهو الجزء الذي يزيد على حاجة النبات.

ويمثل هذا الجزء المتبقي من المخصبات في التربة إسرافا لا مبرر له من الناحية الاقتصادية، بالإضافة إلى أنه يعتبر من عوامل تلوث التربة، ويسبب كثيرا من الأضرار للبيئة المحيطة بهذه التربة.

وعند ري التربة الزراعية المحتوية على هذا القدر الزائد من المخصبات فإن جزءا منه يذوب في مياه الري، ويتم غسله من التربة بمرور الوقت، حتى يصل في نهاية الأمر إلى المياه الجوفية في باطن الأرض، ويرفع بذلك نسبة كل من مركبات الفوسفات والنترات في هذه المياه.

وتقوم مياه الأمطار بدور هام في هذه العملية، فهي تحمل معها أيضا بعض ما تبقى في التربة من هذه المركبات، ويشترك بذلك كل من مياه الصرف الزراعية، والمياه الجوفية، ومياه الأمطار في نقل هذه المخصبات التي تبقت في التربة إلى المجاري المائية المجاورة للأرض الزراعية مثل: الأنهار والبحيرات.

مركبات الفوسفات: تعتبر مركبات الفوسفات من أهم المركبات التي تلوث مياه المجاري المائية، وتؤدي زيادة نسبتها في هذه المياه إلى الإضرار بحياة كثير من الكائنات الحية التي تعيش في مختلف المجاري المائية.

وتبلغ نسبة مركبات الفوسفور التي تحملها معها مياه الصرف الزراعية، ومياه الأمطار، والمياه الجوفية من الأرض الزراعية إلى المجاري المائية حدا لا يستهان به. وفي كثير من الأحيان تزيد نسبة هذه المركبات التي تحملها المياه الواردة من الأراضي الزراعية على مثيلتها الواردة عن طريق مياه الصرف الصحي، ومياه الصرف الصناعي.

ويتضح ذلك من بعض الدراسات التي أجريت على كثير من البحيرات التي تعرضت للتلوث بمركبات الفوسفور في الولايات المتحدة، ومن أمثلة هذه البحيرات، بحيرة «مندوتا» (Mendota) التي تقع في ولاية ويسكنسن التي تحتوي مياهها على نسبة عالية من مركبات الفوسفور، فقد تبين أن نحو 36 ٪ فقط من هذه المركبات وردت إلى البحيرة مع مياه الصرف الصحي للمدن، ومياه الصرف الصناعي، بينما ورد نحو 42 ٪ من هذه المركبات مع مياه الصرف الآتية من الأراضي الزراعية، ومن المياه الجوفية.

ولا تنطبق هذه الظاهرة على جميع البحيرات، وذلك لأن نسبة مركبات الفوسفور التي تحملها مياه الصرف بأنواعها المختلفة قد تتفاوت من حالة إلى أخرى، ومن مكان لآخر، ويتوقف ذلك عادة على كمية مياه الصرف الصحي وتركيبها، وكذلك على مقدار المخصبات الزراعية الزائدة على حاجة النبات، والتي تتخلف في التربة الزراعية.

ويتبين ذلك من بعض الدراسات التي أجريت على إحدى البحيرات الأمريكية المعروفة باسم بحيرة «ايري» (Erie)، وهي من البحيرات التي تعتبر من أشد المجاري المائية تلوثا.

وتدل هذه الدراسات على أن نحو 76٪ من مركبات الفوسفور الموجودة بمياه هذه البحيرة ورد إليها مع مياه الصرف الصحي للمدن، ومياه الصرف الصناعي، وأن 22٪ من هذه المركبات يصل إليها عن طريق مياه الصرف الزراعي والمياه الجوفية.

وعلى الرغم من انخفاض نسبة مركبات الفوسفور التي تحملها مياه الصرف الزراعي إلى البحيرات في بعض الحالات، إلا أنها تبين بوضوح أن كلا من المياه الجوفية، ومياه الصرف الزراعي تساهم مساهمة فعالة في تلوث مياه المجاري المائية بمركبات الفوسفور الناتجة من الإسراف الشديد في استخدام بعض أنواع المخصبات الزراعية.

ومركبات الفوسفات (أو مركبات الفوسفور) مركبات ثابتة من الناحية الكيميائية، ولذلك فإن آثارها تبقى في التربة زمنا طويلا، ولا يمكن التخلص منها بسهولة.

كذلك فإن هذه المركبات تتصف بأثرها السام في كل من الحيوان والإنسان، ولذلك فإن زيادة نسبة هذه المركبات في المجاري المائية، أو في المياه الجوفية التي تؤخذ منها مياه الشرب تعتبر أمرا غير مستحب. وقد تؤدي إلى عواقب وخيمة لمن يتناولون هذه المياه، ولذلك يجب ألا تزيد نسبة مركبات الفوسفور في مياه الشرب على حدود معينة تحددها السلطات الصحية المختصة في كل دولة من الدول.

كذلك تتسبب زيادة نسبة مركبات الفوسفات في مياه البحيرات في حدوث نمو زائد للطحالب وبعض النباتات المائية الأخرى، ويساعد ذلك على وصول هذه البحيرات إلى حالة التشبع الغذائي، وهي ظاهرة تحدث

لكثير من البحيرات التي تلقى فيها مياه الصرف الصحي، كما سنرى فيما بعد، فتتحول هذه البحيرات بمرور الزمن إلى مستنقعات خالية من الأكسجين، وتخلو تماما من الأسماك وغيرها من الكائنات.

وهناك بعض الأضرار الأخرى التي تنشأ عن الإسراف في استخدام مركبات الفوسفات في التربة الزراعية. فمن المعروف أن أغلب فوسفات الفلزات عبارة عن مواد لا تقبل الذوبان في الماء، ولذلك فإن الكميات الزائدة من المخصبات المحتوية على الفوسفات قد تؤدي إلى ترسيب بعض الفلزات النادرة التي توجد في التربة الزراعية، والتي يحتاجها النبات في نموه، وتحويلها إلى مواد عديمة الذوبان في الماء.

ويترتب على ذلك أن مثل هذه الفلزات الهامة تصبح بعيدة عن متناول جذور النباتات، ولا تستطيع هذه الجذور أن تمتصها مع المحاليل التي توجد في التربة الزراعية، مما يؤدي في نهاية الأمر إلى بعض النقص في نمو النبات.

ومن أمثلة هذه الفلزات التي قد يحتاجها النبات لاستكمال نموه فلز النحاس، وتحتاج ثمار الطماطم هذا الفلز لتكوين الصبغة الحمراء التي تعطيها لونها الأحمر المميز.

وقد أدى الإسراف في استخدام مركبات الفوسفات في أحد الحقول إلى ترسيب آثار فلز النحاس الضئيلة الموجودة في التربة، والتي تقدر عادة بعدة أجزاء في المليون. وقد ترتب على ذلك أن ثمار الطماطم التي نمت في هذا الحقل جاءت خالية من الصبغة الحمراء المميزة لها، وأصبح لونها مائلا إلى الصفرة.

يتضح مما سبق أنه يجب أن يكون هناك نوع من التوازن بين ما يحتاجه النبات من هذه المخصبات وما يضاف منها إلى التربة الزراعية، حتى لا تتسبب الكميات الزائدة منها في الإضرار بعناصر البيئة المحيطة بهذه التربة.

مركبات النترات: ظاهرة التلوث بمركبات النترات ظاهرة حديثة لم تحظ بالعناية اللازمة فيما مضى، ولكنها أثارت الانتباه هذه الأيام.

وعلى الرغم من أن مركبات النترات ليس لها أثر مباشر في كل من الإنسان والحيوان، إلا أن الآثار الجانبية المترتبة على وجودها في ماء

الشرب أو في طعام الإنسان يمثل خطورة كبيرة على الصحة العامة، خصوصا عندما يزداد تركيزها على حدود معينة.

والتلوث بالنترات مشكلة ذات شقين. يتعلق الشق الأول منها بالإسراف في استخدام المخصبات الزراعية المحتوية على النتروجين، وهو ما يؤدي إلى زيادة تركيزها في مياه المجاري المائية، بينما يتعلق الشق الثاني منها بوجودها بنسبة عالية في بعض النباتات التي تستخدم في تحضير طعام الإنسان، أو باستخدامها كمادة حافظة في تحضير وصناعة بعض الأطعمة المحفوظة التي يتناولها الإنسان.

وقد اعتاد كثير من المزارعين استخدام كميات كبيرة من مركبات النترات لزيادة خصوبة التربة، ولما كانت النباتات لا تستطيع أن تستهلك كل ما يضاف إلى التربة من هذه المركبات فإنه يتبقى بهذه التربة قدر ما يتناسب مع الكمية المستخدمة في مبدأ الأمر.

وقد بين بعض الدراسات التي أجريت في فرنسا أن الكمية المستخدمة من مركبات النترات لزيادة خصوبة التربة تبلغ نحو تسعة ملايين طن في العام. ولما كانت النباتات لا تستطيع أن تستهلك كل هذا القدر من هذه المركبات فقد اتضح أنه يتبقى في التربة الزراعية نحو مليونين من الأطنان من مركبات النترات كل عام.

ويعني هذا أن هذا القدر الهائل من مركبات النترات التي تزيد على حاجة النباتات تكون عرضة لأن تحملها معها مياه الري، ومياه الأمطار إلى المياه الجوفية، ومنها تتسرب إلى الأنهار والبحيرات، وتلوثها بمركبات النترات.

وعندما تكون هذه المجاري المائية مصدرا لمياه الشرب فإن قدرا كبيرا من النترات، التي تلوثت بها مياه هذه المجاري، يدخل إلى جسم الإنسان، وتقدر كمية النترات التي تذهب عن هذا الطريق إلى مياه الشرب في كثير من البلدان، ويشربها الإنسان، بحوالي 50 مليجراما في اليوم.

وتتوقف النسبة التي تتراكم بها النترات في التربة على عدة عوامل، ولا تخضع أغلب هذه العوامل لسيطرة الإنسان. فهي تتوقف على نوع التربة الزراعية، وعلى نوع النباتات التي تزرع في هذه التربة، كما تعتمد كذلك على الطرائق المتبعة في الري، وفي صرف المياه من الأراضي الزراعية.

ونظرا لأن جزءا كبيرا من مياه الري يتسرب إلى المياه الجوفية في باطن الأرض فإن التركيز الحقيقي للنترات يكون في هذه المياه الجوفية، وما يتصل بها من مختلف المجاري المائية.

وقد لوحظ أن تركيز مركبات النترات في بعض المجاري المائية يزداد يوما بعد يوم، وأوشك أن يصل في بعض البحيرات إلى مستويات تنذر بالخطر، وفقد بعض هذه البحيرات صلاحيتها لأخذ مياه الشرب منها، كما أصبحت معرضة لظاهرة التشبع الغذائي. فمركبات النترات تشترك مع مركبات الفوسفات في المساعدة على تحويل مثل هذه البحيرات إلى مستنقعات.

ولا توجد النترات في التربة الزراعية، أو في مياه المجاري المائية فقط، ولكنها قد تتجمع كذلك بشكل ملحوظ في أنسجة بعض النباتات، وبذلك تصل النترات إلى الإنسان عن طريق مياه الشرب، وعن طريق بعض ما يتغذى به من نباتات وخضروات.

النبات	النترات مج / كجم	النتريت مج/كجم
البنجر	2134	3.3
الجزر	183	1.5
الكرنب	330	2.3
الفجل	2600	7.3
الكرفس	1321	0.7
الخس	1361	8.7
السبانخ	442	3.2
الخيار	156	8.0
الفاصوليا الخضراء	153	5.3

وتقوم النباتات بامتصاص أيون النترات من التربة الزراعية ضمن المحاليل المائية التي تمتصها من التربة، ثم تقوم هذه النباتات باستخدام عنصر النتروجين الموجود في أيون النترات في تركيب كثير من المواد التي تحتاجها

ضمن المحاليل المائية التي تمتصها من التربة، ثم تقوم هذه النباتات باستخدام عنصر النتروجين في أيون النترات في تركيب كثير من المواد التي تحتاجها لبناء أجسامها، وللقيام بعملياتها الحيوية المختلفة.

ويحدث في بعض الأحيان أن تختلف السرعة التي يمتص بها النبات أيون النترات من التربة عن السرعة التي يحول بها النبات هذه النترات إلى الأحماض الأمينية وغيرها من المركبات الحيوية، ويترتب على ذلك وجود فائض من مركبات النترات يتجمع في بعض أجزاء هذا النبات.

ومن أمثلة هذه النباتات التي تختزن في أجسامها وأنسجتها نسبة عالية من ا لنترات بعض أنواع ا لبقول، والفجل، والجزر، وغيرها، وقد تبين بطرائق التحليل الدقيقة الحديثة أن أنسجة هذه النباتات تحتوي كذلك على قدر صغير من أيون النتريت الذي ينتج من اختزال مركبات النترات، ويوجد مصاحبا لها في كثير من الحالات.

ويبين الجدول السابق بعض النباتات التي يستخدمها الإنسان في غذائه، والتي تحتوي على نسبة من مركبات النترات والنتريت مختزنة في أنسجتها مقدرة بالمليجرام في كل كيلوجرام من أنسجتها.

وقد لوحظ أن نسبة أيون النترات في هذه النباتات تختلف من فصل لآخر من فصول السنة. فهي تختلف في كميتها في النباتات، التي تمت زراعتها في الشتاء، عنها في نفس النباتات نفسها التي زرعت في الصيف.

وقد تصل النترات إلى الإنسان عن طريق بعض الأغذية الأخرى التي يتناولها الإنسان مثل: بعض الأغذية المعلبة، وبعض أنواع اللحوم المملحة والمحفوظة.

وعادة ما يضاف إلى الأطعمة المعلبة قليل من مركبات النترات والنتريت لحفظها، كما يحدث ذلك عند حفظ اللحوم بطريقة التخفيف، باعتبار أن هذه المركبات لها بعض الخواص المضادة للجراثيم، وتساعد بذلك على حفظ الأطعمة واللحوم من الفساد والتلف، كما أنها تكسب اللحوم المحفوظة بهذه الطريقة لونا خاصا وتعطيها رائحة مميزة.

والمركبات المستخدمة في هذه الطريقة هي نتريت الصوديوم، كما يستخدم أيضا ملح الطعام المحتوي على قليل من نتريت الصوديوم بنسبة تصل إلى نحو 0,6 جرام لكل 100 جرام من الملح.

كذلك توجد مركبات النترات بنسبة عالية في بعض أنواع المشروبات. وقد عرفت أولى حوادث التسمم بالنترات عام 1895 عندما توفي أحد الرجال في أعقاب إفراطه في تناول الجعة.

وقد تبادر إلى الذهن في ذلك الحين أن السبب الرئيس في حادث الوفاة كان نتيجة التسمم بواسطة عنصر البوتاسيوم الموجود في هذا المشروب، والذي يزداد تركيزه فيه أثناء تصنيعه من بعض النباتات والأعشاب.

وقد تبين فيما بعد أن هذا المشروب يحتوي على قدر كبير من مادة نترات البوتاسيوم، وقد ظلت حقيقة التسمم بالنترات مجهولة زف طويلا، ولم يفطن أحد إلى خطورة أيون النترات على صحة الإنسان إلا حديثا جدا.

وفي عام 1940 بين بعض البحوث التي أجريت في هذا الشأن أن عنصر البوتاسيوم لم يكن السبب الرئيس في حدوث بعض الوفيات نتيجة الإفراط في الشراب، بل اتضح أن السبب الحقيقي في ذلك هو أيون النترات المستخلص من النبات الأصلي الذي صنع منه المشروب، والذي تحول جزء كبير منه إلى أيون النتريت أثناء تحضير الشراب بطريقة التخمير.

وقد تنبه العلماء منذ ذلك الحين إلى أن أيون النتريت هو الأيون السام، وأن الخطورة الحقيقية لمركبات النترات تكس في أن جزءا منها يتحول إلى أيون النتريت، وهذا الأخير هو الذي يسبب كل الضرر، ويفتك بصحة الإنسان، ويؤدي إلى تسمم الدم، ويفضي أخيرا إلى الوفاة.

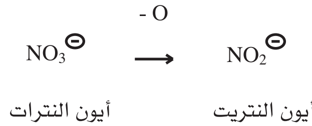
وعلى الرغم من التشابه بين كلمتي النترات والنتريت إلا أنهما تختلفان تماما في مدلولهما، فكل منهما تدل على مجموعات من المركبات التي تختلف عن المجموعة الأخرى اختلافا كبيرا في خواصها الكيميائية.

وأيون النترات أيون ثابت إلى حد كبير، ولذلك فإن نشاطه الكيميائي محدود إلى حد ما. أما أيون النتريت فهو أيون غير ثابت، ولذلك فإن نشاطه الكيميائي يكون ملحوظا، فهو قد يتصرف كمادة مؤكسدة في بعض الحالات على حين يتصرف كمادة مختزلة في بعض الحالات الأخرى.

وتعزى سمية أيون النتريت إلى هذا النشاط الكيميائي، وإلى قدرته على التفاعل والاتحاد بكثير من المواد.

ويتحول أيون النترات إلى أيون النتريت عند اختزاله تحت بعض الظروف

الخاصة، وهو يفقد في هذه الحالة إحدى ذرات الأكسجين.



ويحتاج تحول أيون النترات إلى أيون النتريت إلى قدر من الطاقة، ولذلك لا يحدث هذا التحول وحده، ولكنه يحتاج إلى توفر ظروف خاصة في الوسط الذي يوجد فيه أيون النترات.

ويترتب على ذلك أن كل النترات التي تدخل إلى جسم الإنسان لا تتحول إلى نتريت، بل يتحول منها جزء صغير إلى النتريت إذا وجدت الظروف المناسبة لذلك، وما يتبقى من النترات يفرزه الجسم بعد ذلك عن طريق الكليتين.

ويحدث تحول النترات إلى نتريت في أنسجة النباتات بواسطة أنزيم خاص يعرف باسم «مختزل النترات» (Nitrate Reductase)، وهو يوجد في كثير من النباتات، كما يوجد في بعض أنواع البكتيريا، ولكنه لا يوجد في أجسام الحيوانات، ولا في جسم الإنسان.

ولا يعني ذلك أن النترات لا تتحول إلى نتريت في جسم الإنسان. فالبكتيريا التي توجد في جسم الإنسان تستطيع القيام بهذا العمل، خصوصا بعض البكتيريا الموجودة في تجويف فم الإنسان، وهي تحول جزءا من النترات التي قد توجد في مياه الشرب، أو قد توجد في الغذاء إلى أيون النتريت.

ولا يحتاج الأمر دائما إلى وجود هذه البكتيريا. فهناك جزء من مركبات النتريت يدخل مباشرة إلى جسم الإنسان، ويأتي هذا الجزء من طريق بعض المواد الغذائية المحفوظة أو المعلبات، وذلك لأن بعض هذه المواد إما أن يضاف إليها نتريت الصوديوم مباشرة، وأما أن تتحول فيها النترات المستخدمة في حفظها إلى نتريت عند اختلاطها بالمادة الغذائية المعلبة.

وتساهم كل تلك المصادر في زيادة تركيز أيون النتريت في جسم الإنسان. وهناك بعض حوادث التسمم بالنترات التي دفعت نتيجة أخطاء غير

مقصودة. ففي إحدى الحالات أخطأ أحد صناع اللحوم المحفوظة بطريقة التمليح، واستخدم مركب نتريت الصوديوم بدلا من ملح الطعام، وتسبب ذلك في إصابة كل من تناولوا هذا اللحم بحالة من التسمم الحاد.

وهذا النوع من التسمم الناتج من وقوع بعض الأخطاء نادر الحدوث، ولكن أغلب حوادث التسمم بالنترات تنتج عادة بطريقة غير مباشرة. فهي قد تحدث نتيجة شرب مياه تحتوي على نسبة عالية من النترات الواردة أصلا من المخصبات الزراعية، أو نتيجة تناول كميات كبيرة من البقول، أو بعض النباتات الأخرى المحتوية على نسبة عالية من النترات، أو نتيجة تناول كميات كبيرة من الأغذية المعلبة، أو الإفراط في شرب الجعة وما يماثلها من المشروبات.

وقد يحدث التسمم بالنترات نتيجة تعاطي بعض الأدوية المحتوية على أيون النترات مثل: «تحت نترات البزموت» (Bismuth Subnitrate).

وقد أجريت عدة بحوث في المدة الأخيرة لدراسة الطريقة التي تؤثر بها مركبات النتريت والنترات في مختلف الأفراد، مع دراسة التغيرات الكيميائية والبيولوجية التي يحدثها أيون النتريت في جسم الحيوان والإنسان.

وقد اتضح من هذه البحوث أن أيون النتريت يؤثر في الدم بطريقة مباشرة، فيغير من طبيعته إلى حد ما، ويمنعه من القيام بوظيفته الرئيسة الخاصة بنقل الأكسجين من الرئتين إلى جميع خلايا الجسم، (مرجع رقم 49).

ويتركب الهيموجلوبين الموجود في كريات الدم الحمراء من صنفين من المركبات الكيميائية. أحدهما بروتين يعرف باسم «جلوبين» (Globin)، وثانيهما مادة غير بروتينية تعرف باسم «هيم» (Heme)، ومن اسميهما معا اشتق اسم الهيموجلوبين.

ويحتوي جزء الهيم، من هيموجلوبين الدم، على ذرة من ذرات الحديد وتعتمد الكفاءة التي يمتص بها الهيموجلوبين غاز الأكسجين على الحالة التي تكون عليها ذرة الحديد التي تتوسط جزئ الهيم.

وعندما تكون ذرة الحديد المذكورة في حالتها ثنائية التكافؤ (Fe^{++})، أي في الحالة التي نطلق عليها لفظ «الحديدوز»، فإن الهيموجلوبين يعمل بطريقة طبيعية وبكفاءة عالية، ويقوم بامتصاص غاز الأكسجين من الرئتين

وينقله إلى خلايا الجسم في كل مكان.

أما إذا تحولت ذرة الحديد سالفة الذكر من ذرة ثنائية التكافؤ إلى ذرة حديد ثلاثية التكافؤ، أي تحولت من حالة «الحديدوز» إلى حالة «الحديديك»، فإن الهيموجلوبين يفقد قدرته على نقل الأكسجين، ولا يستطيع القيام بوظيفته المعتادة.

ويطلق على هذه الحالة التي يفقد فيها الهيموجلوبين قدرته الطبيعية على امتصاص غاز الأكسجين ونقله إلى الخلايا حالة تسمم الدم، وهي حالة خطيرة يمتنع فيها وصول الأكسجين إلى الخلايا، فتموت هذه الخلايا ويموت معها الكائن الحي.

ويتسبب وجود أيون النتريت في جسم الإنسان في ظهور بعض أعراض تسمم الدم، فهو يؤدي إلى زيادة نسبة الهيموجلوبين المحتوي على ذرة الحديد ثلاثية التكافؤ في كريات الدم الحمراء، ويقلل بذلك من قدره الدم على نقل الأكسجين إلى مختلف خلايا الجسم.

ويطلق على الهيموجلوبين المحتوي على ذرة الحديد ثلاثية التكافؤ اسم «ميثموجلوبين»(Methemoglobin). ولا يوجد هذا النوع عادة في دم الإنسان السليم إلا بقدر ضئيل على 0,8٪ على أكثر تقدير.



يفشل في نقل الأكسيجين من الرئتين إلى خلايا الجسم لاحتوائه على ذرة حديد ثلاثية التكافؤ

ينقل الاكسيجين من الرئتين إلى خلايا الجسم بطريقة طبيعية لاحتوائه على ذرة حديد ثنائية التكافؤ

ولا تعرف على وجه التحديد الطريقة التي يتدخل بها أيون النتريت في عمل الدم، كذلك لا تعرف الكيفية التي يتحول بها الهيموجلوبين المعتاد إلى المثيموجلوبين.

ومن المعتقد أن أيون النتريت يقوم بتعطيل عمل بعض الأنزيمات التي

تختزل الحديد من حالته ثلاثية التكافؤ (الحديديك) إلى حالته ثنائية التكافؤ (الحديدوز).

وهناك بعض المواد الكيميائية الأخرى التي تحول تكافؤ ذرة الحديد في ا لهيموجلوبين من حالة الحديدوز إلى حالة الحديديك، أي تحول الهيموجلوبين إلى مثيموجلوبين وتؤدي إلى حدوث تسمم الدم، ومن أمثلة هذه المواد الأنيلين، وبعض المركبات العضوية الأروماتية المحتوية على مجموعة النترو، ومركب الفيناستين، وغيرهما، ولا يعرف كذلك الفعل الحقيقي لهذه المواد.

وهناك اعتقاد بان التفاعل بين أيون انتريت وبين هيموجلوبين الدم يتم على خطوتين: تشمل الخطوة الأولى تكوين مركب معقد من الهيموجلوبين الحامل للأكسجين وأيوت النتريت، بينما تشمل الخطوة الثانية انحلال هذا المركب إلى المثيموجلوبين وأيون النترات.

ويتضح من ذلك أن الأكسجين الذي يحمله هيموجلوبين الدم لا يذهب إلى خلايا الجسم، ولكنه يستهلك بواسطة أيون النتريت الذي يتحول مرة أخرى إلى أيون النترات.

وتظهر أعراض تسمم الدم عندما تبلغ نسبة المثيموجلوبين نحو 10٪ من الوزن الكلي للهيموجلوبين الموجود في كريات الدم الحمراء، وعندما تصل هذه النسبة إلى نحو 20٪ من وزن الهيموجلوبين يحدث بعض الاضطرابات في النبض وفي التنفس، وعندما تصل نسبة المثيموجلوبين في الدم إلى نحو70 ٪ تحدث الوفاة.

ويمكن في بعض حالات التسمم الخفيفة علاج المريض بإعطائه جرعة كبيرة من فيتامين ب (حمض الأسكوربيك) في الوريد مباشرة، الذي يساعد على اختزال المثيموجلوبين، وتحويله إلى الهيموجلوبين العادي الذي يبدأ بعد ذلك بالقيام بوظيفته الطبيعية، وينقل الأكسجين إلى مختلف أنسجة الجسم.

ولا تصلح هذه الطريقة لعلاج حالات التسمم الشديدة، وقد يستلزم الأمر حقن مادة المثيلين الأزرق ببطء في الوريد، وقد ينجح هذا العلاج في بعض الحالات، ولكن يجب أخذ كثير من الاحتياطات عند استخدام هذا العلاج.

وتعتبر حالات التسمم التي من هذا النوع قليلة الحدوث بين الأفراد الأصحاء ذوي المقاومة الجيدة، وذلك لأن الأحماض التي تفرز بالمعدة تقوم في أغلب الحالات بالحد من نشاط الكائنات الدقيقة التي تسبب حدوث التحول من النترات إلى النتريت.

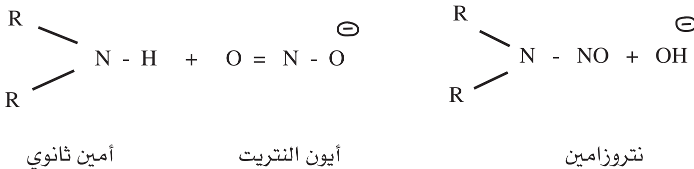
ويرى بعض العلماء أن التلوث بالنترات الموجودة في مياه الشرب، أو ببعض الأغذية المعلبة لا يقتصر تأثيره على تسمم الدم فقط، بل قد يسبب بعض الأعراض المرضية الأخرى مثل: ارتفاع ضغط الدم، وظهور بعض أنواع الحساسية وغيرها من الأعراض.

ويرى علماء آخرون أن أيون النتريت أيون نشيط، وأنه قد يتفاعل مع بعض المركبات الكيميائية الموجودة في الجسم ليعطي أصنافا أخرى من المواد التي قد تضر بصحة الإنسان.

وهناك اعتقاد بان أيون النتريت يتفاعل مع الأمناء الموجودين في أجسام الكائنات الحية ليعطي مركبات تحتوي على النتروجين تعرف باسم «مركبات النتروزامين» (Nitrosamines)، (مرجع رقم 50). وهو تفاعل يحدث بسهولة في المعمل.

وتتصف مركبات النتروزامين بأنها مواد سامة التأثير ة ولذلك فإن وجودها في جسم الإنسان يمثل خطورة كبيرة، وقد نبين من التجارب الكثيرة التي أجريت على هذه المركبات أنها تتسبب في حدوث أورام، في فئران التجارب، في المريء، وفي المعدة، وفي البنكرياس، وبصفة خاصة في الكبد، وفي الرئتين.

وقد أدت هذه التجارب إلى الظن بان مركبات النتروزامين التي قد تتكون في جسم الإنسان نتيجة تفاعل أيون النتريت مع أمناء الجسم، قد تكون من ضمن الأسباب المؤدية إلى الإصابة ببعض الأورام الخبيثة، وبمرض ا لسرطان.



ولا يمكن حتى الآن الحكم على ذلك بطريقة قاطعة، ولكن مثل هذه النتائج تشير إلى احتمالات على درجة كبيرة من الخطورة، ولا يجب إهمالها على ا لإطلاق.

ولا تتكون مركبات النتروزامين في الجسم فقط، ولكنها قد توجد كذلك في بعض أنواع الأغذية المحفوظة والمعلبة التي تضاف إليها مركبات النترات والنتريت، كما توجد أيضا في بعض أنواع الجبن وفي بعض المشروبات.

ويتضح من ذلك أنه يجب عدم الإسراف في تناول مثل هذه الأطعمة المحفوظة أو البقول. ويقدر أحد العلماء أن حوالي سبعة ميكروجرامات من مركبات النتروزامين تظهر كل يوم في معدة الإنسان.

كذلك تجب العناية الشديدة بمياه الشرب، فلا يمكن للإنسان أن يستغني عنها أبدا، بل هو يتناولها كل يوم صباحا ومساء.

ولا تحتوي مياه الشرب عادة على أيون انتريت، ولكنها قد تحتوي على النترات الواردة مع مياه الصرف من الأراضي الزراعية التي تستعمل فيها مخصبات النترات بإسراف.

وقد وضعت كل دولة مقاييس خاصة بها، تحدد فيها القدر المسموح بوجود من النترات في مياه الشرب. ففي فرنسا مثلا تعتبر المياه غير صالحة للشرب إذا زادت نسبة النترات فيها على 100 مليجرام في اللتر.

وقد قدرت نسبة النترات التي توجد في جسم الإنسان، والتي لا يجب تجاوزها بحوالي ثلاثة مليجرامات من النترات لكل كيلوجرام من وزن الجسم.

وتختلف هذه النسبة من دولة إلى أخرى. فمن المقدر أن الشخص الأمريكي العادي يدخل جسمه كل يوم، عن طريق الغذاء ومياه الشرب، نحو 100 مليجرام من النترات، ونحو 11 مليجراما من النتريت، بينما ترتفع هذه الأرقام في دولة أخرى، مثل: هولندا إلى 110 مليجرامات من النترات، و 3 مليجرامات من النتريت، وفي بريطانيا إلى نحو 120 مليجراما من النترات، و 7 مليجرامات من النتريت.

وتقدر حاليا كمية النترات التي تدخل جسم الإنسان، عن طريق الأغذية، أو عن طريق مياه الشرب، كل يوم دون أن تسبب ضررا لصحته بما لا يزيد على 3,65 مليجرام من النترات، ونحو 0,133 مليجرام من النتريت لكل كيلو جرام من وزن الجسم. وتبلغ هذه الكمية بالنسبة للرجل البالغ نحو 280

مليجراما من النترات، ونحو 10 مليجرامات من النتريت كل يوم.

ولا يمكننا بطبيعة الحال أن نقلل من نسبة أيون النترات التي توجد طبيعيا في البقول وبعض الخضراوات، ولكننا نستطيع أن نتحكم إلى حد ما في كمية النترات والنتريت التي تضاف إلى اللحوم المحفوظة، وإلى الأغذية المعلبة، وقد نستطيع أن نفعل ذلك بالنسبة لمياه الشرب.

وقد أصبح من المتفق عليه دوليا اليوم ألا تزيد نسبة مركبات النترات في اللحوم المحفوظة على 150 مليجراما لكل كيلو جرام من اللحم.

كذلك وضعت معايير خاصة للأطفال بعد أن تبين أن قوة احتمال الأطفال لأيون النترات تقل كثيرا عن قوة احتمال البالغين، وقد سبقت فرنسا في هذا المضمار فأصدرت تشريعا خاصا يحتم ألا تزيد نسبة النترات في أغذية الأطفال بجميع أنواعها على 50 مليجراما.

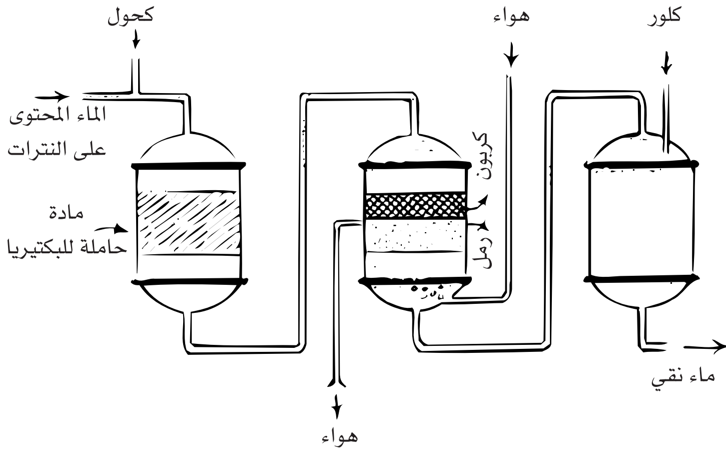
ويصعب كثيرا إزالة أيون النترات من الماء، ومن الممكن إجراء ذلك ببعض الطرائق الخاصة مثل: تقطير الماء، أو إمرار الماء المحتوي على النترات على بعض الراتنجات الأيونية التي تستطيع امتصاص أيون النترات، ولكن مثل هذه الطرائق عالية التكاليف، وقد تصلح للاستخدام في المعامل، ولكنها لا تصلح للاستخدام على نطاق واسع في تنقية مياه الشرب في المدن الكبيرة.

ومع ذلك فهناك حلول بسيطة يمكن استخدامها على نطاق واسع ولا تكلف كثيرا . فمن الممكن مثلا تخفيف تركيز النترات الموجودة في الماء المستخرج من باطن الأرض بمزج هذا الماء مع مياه سطحية خالية من النترات، أو تحتوي على نسبة ضئيلة منها، وذلك لإنتاج مياه للشرب يكون تركيز أيون النترات فيها مناسبا للاحتياجات الصحية للإنسان.

وقد استخدمت حديثا طريقة للتخلص من النترات الموجودة في مياه الشرب، وهي تشبه في تفاصيلها الأسلوب الذي تتبعه الطبيعة للتخلص من النترات. (شكل 14).

وتستخدم هذه الطريقة حاليا على نطاق ضيق في فرنسا لتنقية مياه الشرب الناتجة من بعض الآبار، والتي تحتوي على نسبة عالية من مركبات النترات، وذلك قبل توزيع هذه المياه في شبكة مياه الشرب العامة.

ويغسل النشاط الطبيعي للبكتيريا في هذه الطريقة، ويستعمل فيها نوع



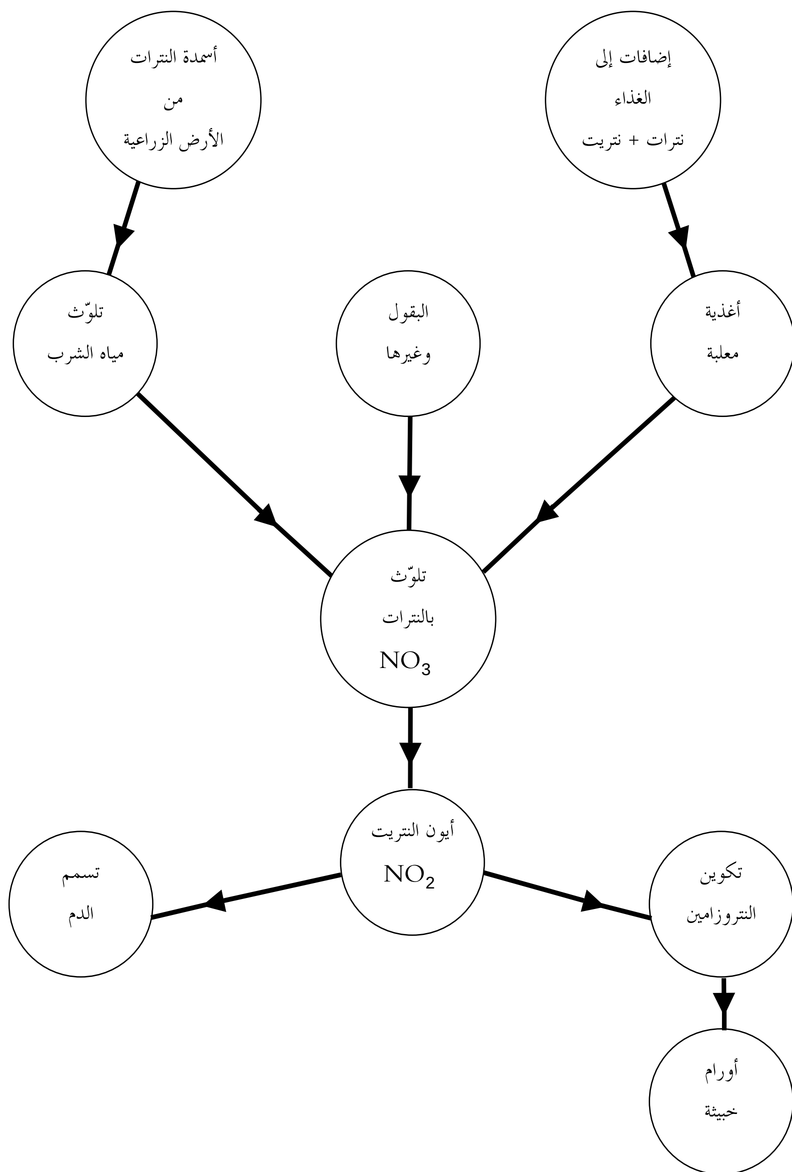
شكل (14)
إزالة النترات من مياه الشرب بواسطة البكتيريا

خاص من البكتيريا له القدرة على تحويل النترات إلى نتروجين، فتشبع مادة حاملة بهذه البكتيريا، ويمرر عليها الماء المحتوي على النترات، ويضاف إلى هذا الماء قليلا من الكحول، حيث يعمل، كمصدر للطاقة وللمادة العضوية بالنسبة للبكتيريا.

ويدفع الماء بعد ذلك إلى مرشحات خاصة تتكون من الفحم المنشط ومن الرمال الناعمة، ثم يمرر الهواء بعد ذلك في الماء المرشح لتهويته وتطهيره بواسطة أكسجين الجو، وقد يضاف إليه قليل من الكلور.

وبصفة عامة يعتبر الإسراف في استخدام المخصبات الزراعية المحتوية على النترات هو العامل الرئيس في تلوث المياه الجوفية، ومياه الأنهار والبحيرات بهذه المركبات، كما أن مياه الصرف الصناعي تساهم إلى حد ما في هذا النوع من التلوث، فغالبا ما تقوم الوحدات الصناعي بتنقية مياه صرفها من بعض الأحماض أو القواعد وبعض المواد الأخرى، ولكنها لا تلقي بالا إلى بعض المواد الذائبة في هذه المياه ومنها مركبات النترات.

اما فيما يتعلق بمركبات النترات أو النتريت التي تضاف أحيانا إلى بعض أنواع الغذاء فهذه الإقلال منها، وخفض كمياتها إلى أقل حد ممكن،



التلوث بمركبات النترات

أو الاستغناء عنها كليا، واستعمال مواد أخرى أقل ضررا بصحة الإنسان.

الأحماض أو القواعد وبعض المواد الأخرى، ولكنها لا تلقي بالا إلى بعض المواد الذائبة في هذه المياه ومنها مركبات النترات.

أما فيما يتعلق بمركبات النترات أو النتريت التي تضاف أحيانا إلى بعض أنواع الغذاء فهذه يمكن الإقلال منها، وخفض كمياتها إلى أقل حد ممكن، أو الاستغناء عنها كليا، واستعمال مواد أخرى اقل ضررا بصحة الإنسان.

١٩ التلوث بمخلفات البترول

ظاهرة تلوث مياه البحار والمحيطات بزيت البترول ظاهرة حديثة لم يعرفها الإنسان إلا في النصف الثاني من هذا القرن بعد أن انتشر استخراج البترول واستخدامه في كل مكان، وأصبح واحدا من أهم مصادر الطاقة على الإطلاق.

وظاهرة التلوث بمخلفات البترول نشاهدها اليوم في كل مكان، فهي تلوث مياه كثير من المصايف، وتلوث رمال شواطئ كثير من المدن الساحلية. ويختلط بعض هذه المخلفات السوداء بالرمال الناعمة فتفسد جمالها، وتلوث كل من يخاطر بالاستحمام في هذه المياه، أو يفكر بالاستلقاء على هذه الرمال.

وتتعدد الأسباب التي تؤدي إلى تلوث مياه البحار والمحيطات بزيت البترول، فقد ينتج ذلك من بعض الحوادث البحرية التي تحدث لناقلات البترول، أو من بعض الحوادث التي تقع أحيانا أثناء عمليات الحفر لاستخراج البترول من بعض الآبار البحرية.

كذلك قد يحدث هذا التلوث نتيجة تسرب زيت البترول من بعض الآبار المجاورة للشاطئ، أو بسبب تلف بعض خطوط الأنابيب التي تنقل الزيت من منابعه إلى شواطئ البحار، كما ينتج جزء كبير من

هذا التلوث نتيجة إلقاء بعض النفايات والمخلفات البترولية من ناقلات البترول أثناء سيرها في عرض البحار.

حوادث الناقلات والحوادث البحرية: يتسبب بعض الحوادث التي قد تقع لناقلات البترول في تلوث مياه البحار والمحيطات، ويتناسب هذا التلوث مع حجم الناقلة التي وقع لها الحادث، وكذلك مع قربها أو بعدها عن الشواطئ والخلجان.

والتلوث الناتج في هذه الحالة عادة ما يتركز في منطقة محددة، ولكنه يكون شديد التأثير في منطقة الحادث، لأن جزءا كبيرا من الزيت الذي تحمله الناقلة، وقد يكون كل الزيت الذي تحمله الناقلة، يندفع إلى الماء مكونا بقعة هائلة تغطي مساحة كبيرة من سطح البحر.

ولا تقع هذه الحوادث البحرية كل يوم، ولكنها تؤدي إلى تلوث المنطقة التي تقع فيها، وتحدث بها أضرارا شديدة لمختلف الكائنات الحية التي تعيش فيها.

ومن أمثلة هذه الحوادث غرق الناقلة «أرجو مرشانت» (Argo Merchant) عام 1976 أمام منطقة «رأس كود» (Cape Cod) وهي منطقة غنية بالأسماك وتعتبر من أماكن الصيد المفضلة.

وقد نتج من هذا الحادث تدفق كميات كبيرة من زيت البترول إلى مياه البحر قدرت بنحو 40000 طن على وجه التقريب، وانتشر هذا الزيت ليغطي سطح البحر في هذه المنطقة، وأدى ذلك إلى قتل الأسماك التي تعيش في هذه المنطقة، وكثير من الكائنات الحية الأخرى التي كانت تعيش في المناطق المجاورة.

وقد تكررت هذه المأساة نفسها عند غرق الناقلة العملاقة «أموكو كاديز» (Amoco Cadiz) عام 1978 أمام الشاطئ الفرنسي، وكانت حمولتها من زيت البترول تصل إلى نحو 220000 طن، وقد تدفق أغلب ما في هذه الناقلة من زيت ليغطي مياه البحر حولها على هيئة بقعة هائلة.

وقد امتد التلوث الناتج من هذا الحادث بفعل الرياح، والأمواج، والتيارات البحرية ليغطي مساحات هائلة من سطح البحر أمام الشواطئ الفرنسية، وبعد انقضاء ثلاثة عشر يوما على هذا الحادث كانت أغلب الشواطئ الفرنسية الشمالية ورمالها قد تلوثت بهذا الزيت.

ومن أحدث هذه الحوادث البحرية غرق ناقلة البترول «اكسون فالديز» (Exxon Valdez) في 24 مارس 1989 نتيجة اصطدامها بالصخور المرجانية أمام خليج «برنس ويليام» بألاسكا، عندما كانت تتفادى الارتطام بأحد جبال الجليد العائمة.

وقد تسرب من هذه الناقلة نحو 40000 طن من زيت البترول، وانتشر هذا الزيت مسافة نحو ألف ميل أمام شواطئ المنطقة والمناطق المجاورة لها، وبعد انقضاء خمسة عشر يوما على الحادث بلغت مساحة المنطقة المغطاة بالزيت ضعف مساحة دولة «لكسمبورج».

كذلك حادث غرق السفينة البنمية «سفير» في البحر الأحمر في منتصف شهر سبتمبر، وكانت هذه السفينة تحمل نحو 14700 طن من للفوسفات، ونحو 400 طن من المازوت.

وقد اصطدمت هذه السفينة بالشعب المرجانية، ونتج من ذلك تدمير جزء كبير من هذه الشعب قدر بنحو 10000 متر مربع، ولم يظهر أثر هذا التلوث في الحال، ولكن من المنتظر أن يخرج المازوت من باطن السفينة، وكذلك الفوسفات عند انفجارها تحت ضغط مياه البحر، وسيسبب ذلك كثيرا من الضرر للشعب المرجانية، وللكائنات الحية الموجودة في المنطقة.

وعند وقوع أحد هذه الحوادث البحرية فإن زيت البترول الذي يتسرب منها إلى مياه البحر يبدأ في الانتشار تدريجيا، وفي خلال عدة ساعات يكون هذا الزيت قد غطى مساحة كبيرة جدا من سطح البحر حول الناقلة الغارقة.

ونظرا لأن زيت البترول أخف من الماء فإنه يكون طبقة رقيقة تنتشر تدريجيا فوق سطح الماء، وتتسع رقعة هذه الطبقة بمرور الوقت بفعل الأمواج والرياح.

وبمجرد انتشار الزيت فوق سطح البحر تبدأ الأجزاء الطيارة من هذا الزيت في التبخر، وتحمل الرياح هذه الأبخرة لتلوث هواء المنطقة المحيطة بموقع الحادث، وقد يمتد فعل هذه الأبخرة إلى مسافات بعيدة داخل الشواطئ، فتلوث هواء المدن والمناطق الزراعية.

وعلى الرغم من أن زيت البترول لا يقبل الذوبان في الماء إلا أن جزءا صغيرا من طبقة الزيت التي تغطي سطح البحر يختلط بالماء ليكون معه

مستحلبا تتعلق به دقائق الزيت المتناهية في الصغر في ماء البحر.

وبمرور الوقت يختلط هذا المستحلب بالمياه التحت سطحية ويمتزج بها، وينتج من ذلك تلوث طبقات المياه العميقة في البحر.

وتتوقف الأضرار التي تنشأ عن تصاعد الأبخرة من بقعة الزيت، والناتجة من تكوين مستحلب الزيت في الماء على كثير من العوامل أهمها: خواص الزيت نفسه، مثل: كثافته، ودرجة لزوجته، وضغطه البخاري، كما يتدخل في ذلك بعض العوامل الطبيعية الأخرى مثل: درجة حرارة الجو، ودرجة حرارة مياه البحر، وحركة الأمواج، ونوع التيارات البحرية واتجاهاتها، وشدة الرياح السائدة فوق هذه المنطقة.

وتبلغ نسبة المواد الهيدروكربونية المتطايرة التي تتصاعد أبخرتها إلى الجو من بقعة الزيت نحو 10٪ على الأقل من وزن الزيت المكون للبقعة إذا كان هذا الزيت من النوع الثقيل مثل: زيت الديزل، أو زيت الوقود.

أما إذا كان الزيت المكون للبقعة من النوع الخفيف، مثل الجازولين، فإن نسبة المواد المتطايرة التي تتصاعد أبخرتها إلى الجو قد تصل إلى نحو75٪ من وزن الزيت الملوث لماء البحر.

ومن الطبيعي أن تلوث الهواء في منطقة الحادث والمناطق المحيطة بها يزداد كثيرا بزيادة نسبة المواد المتطايرة في الهواء.

ويؤدي تلوث الماء بزيت البترول إلى حدوث بعض الأضرار الأخرى غير المنظورة. ففي أغلب الحالات تعمل بقعة الزيت كمذيب، وتبدأ باستخلاص كثير من المواد الكيميائية الأخرى المنتشرة في مياه البحر.

ومن أمثلة هذه المواد بعض المبيدات الحشرية، والمنظفات الصناعية وغيرها من المواد التي يلقيها الإنسان في مياه البحار، وينتج من ذلك ارتفاع تركيز هذه المواد في المنطقة التي تغطت ببقعة الزيت، مما يرفع كثيرا من درجة التلوث في منطقة الحادث.

كذلك يقوم المستحلب الناتج من اختلاط الزيت بالماء بامتصاص بعض العناصر الثقيلة مثل. الزئبق، والرصاص، والكادميوم من مياه البحر، فيزداد بذلك تركيز هذه العناصر في المنطقة المحيطة ببقعة الزيت، وتظهر بذلك آثارها السامة في منطقة الحادث.

وقد تعمل الرياح وحركة الأمواج على زيادة التلوث في منطقة الحادث ؛

فهي قد تدفع أجزاء من بقعة الزيت نحو الشواطئ المقابلة لمنطقة الحادث، فتلوث رمالها وتحيلها إلى منطقة عديمة النفع والفائدة، وقد لا يمكن التخلص من هذا التلوث إلا بعد انقضاء زمن طويل.

وعندما يكون البحر هائجا تدفع الأمواج العالية بقعة الزيت إلى الاختلاط بما تحتها من مياه، فيتكون منها نوع جديد من المستحلبات ينتشر فيه الماء في الزيت، ويظهر هذا المستحلب الجديد على هيئة رغوة سميكة فوق بقعة الزيت وفي كل مكان حولها، ويصعب التخلص من هذه الرغوة في كثير من الأحيان.

وتتوزع هذه المستحلبات، سواء المستحلب الناتج من انتشار الزيت في الماء، أو المستحلب الناتج من انتشار الماء في الزيت، لتغطي مساحات هائلة حول بقعة الزيت، وقد تصل في بعض الأحيان بتأثير الرياح والتيارات البحرية إلى أماكن تبعد عن الحادث بمئات الكيلومترات.

ولا تقف الأضرار الناتجة من حوادث الناقلات عند هذا الحد، بل قد يمتد التلوث الناتج من بقعة الزيت ليشمل قاع البحر، وذلك لأنه بعد أن تتبخر الأجزاء الطيارة من بقعة الزيت خلال الأيام التالية للحادث، ويذوب منها جزء آخر في مياه البحر عن طريق تكوين المستحلبات، تتبقى منها الأجزاء الثقيلة غير القابلة للتطاير ولا الذوبان.

وتبقى هذه الأجزاء الثقيلة، التي تتبقى من بقعة الزيت، طافية فوق سطح الماء مدة ما، وتتحول تدريجيا إلى كتل صغيرة سوداء متفاوتة الأحجام تعرف باسم «كرات القار» (Tar Balls)، وهي تنتج من أكسدة البقايا الزيتية الثقيلة بأكسجين الهواء، وبواسطة بعض العوامل الميكروبيولوجية الأخرى.

وتحتوي عادة «كرات القار» على قدر صغير من بعض المركبات الهيدروكربونية التي تتكون جزيئاتها من عدد كبير من ذرات الكربون يزيد على 40 ذرة، كما تحتوي على قدر آخر من المركبات العضوية التي تحتوي جزيئاتها على عناصر الكبريت، والنتروجين، والأكسجين، بالإضافة إلى بعض المركبات والمواد الإسفلتية.

وتحمل تيارات المياه بعض كرات القار الصغيرة لتنشرها في كل مكان، بينما يتحول بعضها بمضي الزمن إلى رواسب ثقيلة تنزل إلى الأعماق، وتغطي قاع البحر.

وقد جاء في إحدى نشرات اليونسكو الخاصة بتلوث المياه بزيت البترول، الصادرة في كندا عام 1981، أن نسبة هذه الكرات السوداء في مياه بحر بارنتس بلغت نحو 7 مليجرامات في كل متر مربع من سطح الماء، بينما بلغت كميتها في مياه البحر الأبيض المتوسط نحو 10 مليجرامات في المتر المربع من سطح الماء.

كذلك قدرت كمية هذه الكرات السوداء التي تنتشر فوق سطح مياه المحيط الأطلنطي الشمالي بنحو 13864 طنا عام 1977، زادت إلى 18820 طنا عام 1980.

وكثيرا ما تشاهد هذه الكرات السوداء، مختلفة الأحجام، مختلطة برمال الشاطئ فتفسد جمالها، وتسبب كثيرا من الضيق لرواد هذه الشواطئ، كما أنها تسبب كثيرا من الضرر لكل الكائنات الحية المائية.

وتبلغ هذه الرواسب التي تغطي قيعان البحار، والناتجة من حوادث الناقلات حدودا هائلة في بعض الأحيان. فعندما غرقت ناقلة البترول «أرو» (Arrow) في فبراير 1970، أمام شواطئ نوفاسكوتشيا، تكونت بقعة ضخمة من الزيت فوق سطح البحر على بعد نحو 300 كيلومتر من الشاطئ، وبعد أن تبخرت الأجزاء الطيارة من هذا الزيت خلال عدة أيام تبقت منه المخلفات الثقيلة، وبعض المواد الإسفلتية والمتبلمرة التي تجمعت معا ورسبت في قاع البحر في مكان الحادث مكونة طبقة سوداء بلغ سمكها15 سنتيمترا.

ويصحب تلوث المياه بزيت البترول في كثير من الأحيان نوع آخر من التلوث يشبه التلوث الكيميائي.

فعندما يتسرب الزيت إلى مياه البحار تتكون منه طبقة متوسطة السمك فوق سطح الماء، ثم تبدأ هذه الطبقة في الانتشار في كل اتجاه. وبمرور الوقت تصبح طبقة الزيت رقيقة جدا عند أطرافها، وعندئذ تستطيع أشعة الشمس أن تخترقها، كما يتمكن أكسجين الهواء من الانتشار خلالها.

ويحدث تحت هذه الظروف تفاعل كيميائي ضوئي يشترك فيه كل من أشعة الشمس وأكسجين الهواء، ويحفزه بعض الفلزات الثقيلة الموجودة في المستحلبات المتكونة من اختلاط الزيت بالماء.

وينتج من هذا التفاعل أن يتأكسد بعض السلاسل الهيدروكربونية التي يتكون منها زيت البترول، كما يتكون منها بعض الشقوق الحرة النشيطة

التي تتفاعل معا لتعطي بعض البوليمرات، وبعض المواد الكيميائية الأخرى متباينة ا لتركيب والخواص.

ويترتب على ذلك أنه بعد انقضاء مدة من الزمن على انتشار بقعة الزيت فوق سطح البحر تبدأ في الظهور حولها أصناف جديدة من المواد الكيميائية، وقد بين بعض الدراسات أنه بعد انقضاء مدة قصيرة على حادث الناقلة «اموكوكاديز» وجدت في مياه المنطقة عدة أصناف جديدة من المركبات الكيميائية مثل: الكحولات، والألدهيدات، والكيتونات، وبعض المركبات الحلقية، وهي مواد لم تكن موجودة في هذه المياه من قبل، (مرجع رقم 51).

ونظرا لأن أغلب هذه المواد تتصف بصغر حجم جزيئاتها فإنه يسهل ذوبانها في الماء، وتصبح بذلك في متناول كثير من الكائنات الحية التي تعيش في المياه المحيطة بمنطقة الحادث، وتؤدي هذه المواد السامة إلى حدوث مزيد من الضرر للبيئة البحرية، وتتسبب في قتل الأسماك، وغيرها من الكائنات.

ويعتقد الكثيرون أن حوادث الناقلات هي السبب الرئيس في تلوث مياه البحار والمحيطات بزيت البترول، ولكن هذا غير صحيح. فهذه الحوادث لا تحدث كل يوم، وليس لها صفة الاستمرار.

ولا تقتصر الحوادث البحرية على حوادث الناقلات فقط. فهناك بعض الأحداث الأخرى التي شاركت في تلوث مياه البحار بزيت البترول، وأثارت كثيرا من الاهتمام. ومن أمثلة هذه الحوادث البحرية تفجر الزيت عام 1977 في بحر الشمال الذي أدى إلى تلوث مياه البحر بنحو 25000 طن من الزيت الخام، والانفجار الذي حدث في أحد آبار البترول في قناة «سانتا بربارا» بولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الذي تسبب في انتشار كميات هائلة من الزيت فوق سطح الماء، مما أدى إلى تلوث الشواطئ المجاورة تلوثا شديدا، كما أدى إلى قتل كثير من الطيور والحيوانات التي تعيش في هذه المنطقة.

وقد قيل في ذلك الحين إن قناة سانتا بربارا قد تحولت إلى ما يشبه البيئة الصحراوية، وذلك كناية عن خلوها من كل أنواع الحياة النباتية والحيوانية.

أسباب أخرى لتلوث مياه البحار بزيت البترول: بين بعض الإحصائيات

أن مياه البحار والمحيطات تتلوث كل عام بعدة ملايين من الأطنان من زيت البترول، وأن الحوادث البحرية التي تقع لناقلات البترول لا تشترك في هذا التلوث إلا بنسبة لا تزيد على 10٪ فقط، بينما ينبع الخطر الحقيقي من بعض تلك الأحداث التي يتكرر حدوثها كل يوم على مدار العام، (مرجع رقم 52)

ومن أمثلة هذه الأحداث بعض الأخطاء التي تحدث أثناء عمليات الاستكشاف، أو أثناء استخراج الزيت من الآبار البحرية، أو تسرب الزيت من بعض خطوط الأنابيب التي تحمل الزيت إلى شواطئ البحار، أو تسرب الزيت من الصهاريج الساحلية أثناء شحن الناقلات.

وتعتبر النفايات والمخلفات البترولية التي تلقيها ناقلات البترول، أثناء سيرها في عرض البحار، أحد الأسباب الرئيسة في تلوث مياه البحار والمحيطات بزيت البترول.

وقد درجت ناقلات البترول الفارغة أثناء رحلتها إلى ميناء الشحن أن تملأ نحو 30٪ من حجم مستودعاتها بمياه البحر للحفاظ على توازنها أثناء رحلتها. ونظرا لأن الناقلة لا تستطيع أن تفرغ كل محتوياتها من الزيت بنسبة 100٪ في ميناء التفريغ فإنه يتبقى دائما بمستودعاتها قدر صغير من الزيت يصل عادة إلى نحو 1,5٪ من حمولتها الأصلية.

وعند ملء الناقلة بماء التوازن يختلط به هذا الزيت المتبقي بمستودعات الناقلة، ويخرج مع الماء عند إفراغ ماء التوازن ليمتزج بماء البحر.

ولا يستهان بكمية الزيت التي تتسرب إلى مياه البحر عن هذا الطريق.

فهناك مئات من الناقلات التي تفعل ذلك كل يوم، وعادة ما تكون المخلفات التي تمتزج بماء البحر مع ماء التوازن من النوع الثقيل الذي يتسبب بعد فترة في تكوين كرات القار.

وقد تبين من التحاليل التي أجريت على كرات القار أنها تحتوي على نسبة عالية من عنصر الحديد تزيد كثيرا على نسبة هذا العنصر التي قد توجد في الخام الطبيعي للبترول، وقد اعتبر هذا مؤشرا على مصدر هذه الكرات والكتل السوداء، واتخذ دليلا على أن كرات القار التي تنتشر في عرض البحار تنتج بشكل رئيس من تفريغ مخلفات الناقلات في مياه البحار والمحيطات.

وهناك بعض العمليات التي تساهم بشكل كبير في تلوث مياه البحار بزيت البترول مثل: عمليات فصل الماء الملح عن زيت البترول الخام، وهي عملية رئيسة و يجب إجراؤها قبل تقطير الزيت، وفصل مقطراته المختلفة.

ولا يمكن فصل الماء عن الزيت فصلا كاملا. فعادة ما يتبقى جزء صغير من الزيت عالقا بالماء الملح، وعند إلقاء هذا الماء في البحر، أو في أحد الأنهار فإن ما فيه من زيت يشترك في تلوث الماء.

ولا يمكن التقليل من حجم التلوث الناتج من هذه العملية. فكل برميل من الزيت الخام المستخرج من باطن الأرض تصاحبه عدة براميل من الماء الملح الذي يتعين فصله عنه، ويمكننا تصور الكميات الهائلة من هذا الماء الملوث التي يتم التخلص منها يوميا بإلقائها في ماء البحر.

التخلص من بقع الزيت: يمثل التخلص من بقع الزيت الكبيرة التي تتكون فوق سطح البحر عند غرق إحدى الناقلات مشكلة كبرى لا تسهل معالجتها فور حدوثها.

وعلى الرغم من أن هناك بعض أنواع البكتيريا التي لها القدرة على تحليل جزيئات الهيدروكربونات، وتحويلها إلى جزيئات أخرى صغيرة سهلة الذوبان في الماء، ويمكنها بذلك أن تحلل أغلب النفايات والمخلفات البترولية، وتحويلها إلى مواد أقل ضررا، إلا أن هذه العملية الطبيعية شديدة البطء، وتحتاج إلى وقت طويل لاستكمالها، ولذلك لا يمكن الاعتماد عليها في إزالة مثل هذا التلوث.

وقد استخدمت عدة طرائق للتخلص من بقع الزيت التي تطفو على سطح الماء، وتتضمن إحدى هذه الطرائق إحراق طبقة الزيت، ولكن هذه الطريقة لا يسهل استخدامه في كل الأحوال، وذلك لأن مياه البحر تساعد عادة على تبريد طبقة الزيت الطافية فوقها، وقد تمنع اشتعالها، وتمنع انتشار النار فيها.

وليس من المستحب استخدام هذه الطريقة في إزالة بقع الزيت. فهي تتصف بخطورتها على البيئة، وتسبب ضررا بالغا لكثير من الكائنات الحية التي تعيش في المنطقة، كما أنها تساعد على تلوث الهواء بكثير من الأبخرة ونواتج الاحتراق.

وهناك طرائق أخرى للتخلص من بقع الزيت الطافية فوق سطح الماء،

ويعتمد بعض هذه الطرائق على استخدام المنظفات الصناعية التي تساعد على انتشار الزيت في الماء.

وتكون المنظفات الصناعية مع الزيت مستحلبا ثابتا إلى حد كبير. ويمكن لهذا المستحلب أن ينتشر تدريجيا في مياه البحر، وبذلك تختفي بقعة الزيت الطافية بعد مدة قصيرة من الزمان.

ونظرا لأن بقع الزيت التي تنتج من حوادث الناقلات تكون ضخمة في أغلب الأحيان فإن إزالة مثل هذه البقع يتطلب استخدام كميات ضخمة من المنظفات الصناعية، وقد تصل كمية المنظف الصناعي المستخدم في بعض الحالات إلى نفس كمية زيت البترول المراد التخلص منه.

وقد تطلب الأمر في إحدى الحالات استخدام 10000 طن من أحد المنظفات الصناعية لتنظيف سطح البحر من بقعة من الزيت تكونت من تدفق نحو 18000 طن من زيت البترول.

وقد نجحت هذه الطريقة في إزالة بقعة الزيت خلال عدة أيام، ولكن من المؤكد أن استخدام كل هذا القدر الضخم من المنظف الصناعي قد أضاف كثيرا إلى التلوث العام لمياه البحر، وللبيئة بصفة عامة، وكان له بعض الأثر السيئ في حياة الكائنات التي تعيش في منطقة الحادث والمناطق المجاورة لها.

وهناك من يعتقدون أن استخدام المنظفات الصناعية في هذا الغرض لا يسبب كل هذا الضرر. فهو يؤدي أولا إلى انتشار بقعة الزيت على هيئة مستحلب في ماء البحر، وبذلك يتم تخفيف تركيز الزيت في هذه المياه إلى حدود تستطيع معها البكتيريا وبعض الكائنات الدقيقة الأخرى أن تقوم بوظيفتها الطبيعية، وتحلل هذه المخلفات وتتخلص منها.

وقد استخدمت طرائق أخرى بنجاح في إزالة بقع الزيت العائمة، استعمل فيها نوع من الحواجز الطافية فوق سطح الماء لحصر الزيت. وتصلح هذه الطريقة لإزالة بقع الزيت التي كونت مع الماء مستحلبات كثيفة، وهي تساعد على جمع الزيت في مكان محدد، أي تساعد على زيادة سمك طبقة الزيت، وتقليل المساحة التي يغطيها من ماء البحر، وبذلك يمكن امتصاصه تدريجيا من فوق سطح الماء.

كذلك استخدمت طرائق أخرى تتضمن إغراق الزيت في الماء، ويتم

ذلك عادة بإضافة مساحيق خاصة، أو بعض الرمال الناعمة التي ترش على سطح الزيت، وترفع من كثافته، وتؤدي إلى رسوبه في قاع البحر.

وعادة ما تستعمل في هذه الطريقة مواد ذات قدرة عالية على التماسك بالزيت، وتتصف بكثافتها العالية حتى يمكن استخدام أقل كمية ممكنة منها في هذه العمليات.

وعادة ما تكون مشكلة التلوث بزيت البترول أكثر حدة ووضوحا في البحار شبه المقفلة. ومن أمثلة هذه البحار البحر الأبيض المتوسط الذي اختير في أحد المؤتمرات الدولية التي عقدت في مالطة منذ أعوام ليكون مثالا للبحار الملوثة، وقد أجمع العلماء في ثلاثين دولة على ضرورة السيطرة الجماعية على ظاهرة التلوث في هذا البحر.

والسبب في التلوث الشديد للبحر الأبيض المتوسط هو أنه يمثل أحد الممرات المائية الهامة بين الشرق والغرب، وتعبره ناقلات البترول القادمة من الخليج العربي شرقا والذاهبة إلى دول أوروبا غربا، لذلك يعتبر تسرب الزيت من هذه الناقلات وما تلقيه فيه من مخلفاتها من أهم عوامل تلوث هذا البحر. وكذلك يأتي جزء من هذا التلوث عن طريق تسرب بعض الزيت من خطوط أنابيب البترول التي تنتهي عند الشواطئ الشرقية لهذا البحر، وعن طريق كثير من الموانئ التي تنتشر على كل من شواطئه الشمالية والجنوبية.

كذلك يعتبر البحر الأحمر بحرا مقفلا، وهو ممر مائي يزدحم بالناقلات التي تمر فيه من المحيط الهندي إلى شرق البحر الأبيض المتوسط، كما يجري به بعض عمليات الاستكشاف والتنقيب واستخراج البترول من عدة آبار بحرية، ولذلك تزيد فيه نسبة التلوث بزيت البترول.

وقد حدث تلوث كبير لمياه البحر الأحمر، في أبريل عام 1982، عندما اختلطت عشرات الألوف من الأطنان من زيت البترول الخام بمياه البحر عند منطقة رأس شقير.

وقد بلغ من شدة هذا التلوث أن بقعا كبيرة من الزيت، بلغ قطر بعضها عدة كيلومترات، كانت تطفو على سطح الماء في القطاع الجنوبي من خليج السويس، كما أن بعض جزر الغردقة أحاط بها الزيت الطافي على سطح الماء بعد عدة أسابيع من هذا الحادث.

وقد تم تقدير كميات الزيت الذائبة في الماء عند الشواطئ الغربية للبحر الأحمر في الفترة (1979-1981)، ووجد أنها بلغت في بعض الأحيان نحو 100 مليجرام لكل لتر في المنطقة الواقعة بين رأس غارب والقصر، وهي نسبة شديدة الارتفاع.

وقد وجد أن نسبة الزيت تقل كثيرا في أغلب المناطق الأخرى في البحر الأحمر، وهي تصل إلى نحو 10 مليجرامات من الزيت لكل لتر من الماء، وعلى الرغم من ذلك إلا أن هذه النسبة تعتبر مرتفعة هي الأخرى، وتدل بوضوح على حدة مشكلة التلوث بزيت البترول في مياه البحر الأحمر.

ويعتبر الخليج العربي من أشد الممرات المائية تلوثا، فتستخرج من الآبار المجاورة لشواطئه ملايين من براميل البترول في اليوم، وتشحن فيه الناقلات بكميات لا تنقطع من البترول، ومما زاد من مشكلة التلوث في هذا الخليج الحرب التي دارت بين العراق وإيران، والتي أدت إلى ما يعرف بحرب الناقلات، والتي أدت إلى تسرب كميات هائلة من زيت البترول في مياه الخليج.

وقد لاحظ المسؤولون عن مرفق المياه في إحدى دول الخليج أن المياه التي تسحب من البحر من أمام شواطئ هذه الدولة لتقطيرها، واستخدامها في مياه الشرب قد تلوثت بزيت البترول رغم أن سطح البحر في المنطقة التي تسحب منها هذه المياه كان خاليا تماما من آثار الزيت.

وقد تبين فيما بعد أن مستحلبا قد تكون من الزيت والماء، وأن كثافة هذا المستحلب صارت مساوية تقريبا لكثافة ماء الخليج، ولهذا فإن هذا المستحلب لم يطف على سطح البحر، ولكنه كون طبقة بقيت معلقة بالماء على عمق غير قليل من هذا السطح، ولهذا بدا سطح الماء نظيفا وخاليا من آثار البترول، بينما تلوثت الطبقات التحت سطحية بهذا المستحلب.

يتضح مما سبق أن نظرتنا إلى البيئة المحيطة بنا يجب أن تتغير، كما يجب أن يتغير اعتقادنا بأن مياه البحار والمحيطات هي سلة المهملات الطبيعية التي يمكن أن نلقي فيها بكل أنواع المخلفات. وعلى الرغم من أن المياه تغطي أكثر من 70٪ من مساحة الكرة الأرضية إلا أن طاقة البحار والمحيطات قد أصبحت محدودة اليوم، وبدأت آثار التلوث تظهر بها بكل وضوح، خصوصا التلوث بزيت البترول.

ويمثل التلوث بزيت البترول خطورة كبيرة على كل الكائنات الحية بما فيها الإنسان. فزيت البترول يحتوي على كثير من المركبات العضوية التي يختلف إثرها من حالة إلى أخرى، ومن أمثلتها المركبات الأروماتية مثل: النفتالين، والفنانثرين، والمركبات المحتوية على الكبريت مثل: الثيوفين والثيوكحولات، والمركبات المحتوية على النتروجين مثل: البيرول والبيريدين، وبعض هذه المركبات يسبب الأورام خصوصا بعد الهيدروكربونات مثل البنزوبايرين.

وتتجمع هذه المواد والهيدروكربونات في بعض الأنسجة الحية مثل: الأنسجة الدهنية، وأنسجة الكبد والبنكرياس، وبعض أنسجة الأعصاب، ويؤدي ذلك إلى حدوث كثير من الاضطرابات في حياة الكائن الحي، وقد بين بعض البحوث أن 12٪ من نحو 16000 عينة من الأسماك والكائنات الحية التي جمعت من خليج سان فرنسيسكو بها بعض الأورام الشاذة، كما وجدت ببعض الأسماك نسبة عالية من مركب بنزوبايرين مختزنا في أنسجتها تصل إلى نحو 100 جزء في المليون.

15 التلوث النووي

التلوث النووي هو أحد الأخطار الجديدة التي تعرض لها الإنسان في النصف الثاني من هذا القرن، والتي أصبحت تهدد جميع عناصر البيئة، وتهدد حياة الإنسان.

وقد عرف الإنسان الآثار المدمرة للإشعاعات النووية في أعقاب إلقاء القنبلة الذرية على هيروشيما في 6 أغسطس عام 1945، ثم قنبلة ذرية أخرى على نجازاكي في 9 أغسطس من العام نفسه، وأدت هذه التفجيرات النووية إلى وفاة عدد كبير جدا من الأفراد يزيد على 100000 فرد، كما أصيب عدد كبير من سكان هاتين المدينتين بالحروق وغيرها من الإصابات، وتوفي منهم عدد كبير بعد ذلك بعدة سنوات من أثر إصابتهم بالإشعاعات.

وتختلف آثار الإشعاع باختلاف المصدر المشع الذي قد يتعرض له الإنسان، وباختلاف شدة هذا الإشعاع، وطول المدة التي يتعرض فيها الإنسان لهذا الإشعاع.

والحد الأقصى للإشعاع النووي الموجود في الهواء الذي يجب إلا يتعرض الإنسان لحد أعلى منه هو نحو 5 ريم في اليوم، «والريم» (REM) وحدة تستعمل لقياس الإشعاع الممتص، وهي تكافئ

«رونتجن» واحد من الأشعة السينية، ويتكون لفظ «ريم» من الحروف الأولى للكلمات الأجنبية (Roentgem Equivalent Man).

ويجب عدم الاستهانة بالإشعاعات النووية الضعيفة مهما قلت شدة هذه الإشعاعات. فاستمرار التعرض لمثل هذه الإشعاعات التي تقل قيمتها أو شدتها عن الحد الأقصى قد يؤدي على المدى الطويل إلى الإضرار بصحة الإنسان.

وقد جاء في إحصائية قامت بها اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع (CIPR) (Commission Internationale De Protection Radiologique) أن احتمال الإصابة بالسرطان نتيجة التعرض المستمر لجرعات ضعيفة من الإشعاع يظل قائما حتى عندما تكون جرعة الإشعاع الممتصة لا تزيد على «ريم» واحد.

ولو أن لدينا ثمانين ألفا من الأشخاص الذين تعرضوا لإشعاع ضعيف لا تزيد قوته على «ريم» واحد، فإن احتمالات الإصابة بالسرطان بينهم ستكون بنسبة $1,25 \times 10^{-4}$، أي أن هناك احتمال إصابة عشرة أفراد منهم بالسرطان.

ومن الطبيعي أن صحة الإنسان تتأثر بشكل أكبر عند تعرضه لإشعاعات نووية أشد من ذلك، فلو تعرض الإنسان لإشعاع نووي تبلغ شدته 100 ريم فسوف يعاني من كثير من الاضطرابات في دورته الدموية، ويبدأ شعره في السقوط، وإذا تعرض لإشعاع شدته من 800-1000 ريم، فسوف يتعرض للإصابة بالسرطان، وينتهي به الأمر إلى الوفاة.

ويتعرض الإنسان إلى كثير من مصادر الإشعاع في حياته اليومية، فقد يتعرض لبعض الإشعاع في عيادات طب الأسنان، أو في عيادات الطب الباطني عندما يتطلب الأمر استعمال الأشعة السينية في التشخيص، أو في العلاج.

كذلك يتعرض الإنسان ليلا ونهارا للأشعة الكونية الآتية من أغوار الفضاء، كما يتعرض للإشعاعات بعض العاملين في المفاعلات النووية، وفي صناعة النظائر المشعة، أو في صناعة الساعات المضيئة وبعض الأجهزة المماثلة لها، وكذلك العاملين في بعض المناجم التي تستخرج منها خامات بعض العناصر المشعة مثل الراديوم واليورانيوم.

وتعتبر التجارب النووية ومحطات القوى النووية المستخدمة في توليد

الكهرباء، وما ينتج منها من مخلفات، وما قد يقع بها من حوادث من اخطر المصادر لتلوث البيئة بالإشعاعات النووية.

التجارب النووية: استمر بعض الدول الكبرى في إجراء التجارب النووية بهدف تطوير أسلحتها الذرية، وزيادة قدرتها التدميرية إلى أقصى الحدود، وقد أدى ذلك إلى انتشار كميات كبيرة من الغبار المشع المحمل بنواتج الانشطار في أجواء المناطق التي تجرى بها هذه التجارب، كما حملت الرياح بعض هذا الغبار المشع ليتساقط فوق كثير من الأماكن المحيطة بمنطقة التجارب.

ويزداد خطر التلوث بالإشعاعات النووية عند إجراء هذه التجارب أو التفجيرات فوق سطح الأرض لأن ذلك يتسبب في حمل كميات كبيرة من الغبار المشع إلى طبقات الجو العليا، وتصل بذلك النظائر المشعة إلى منطقة الستراتوسفير في الغلاف الجوي، ومنها تنتشر إلى مناطق بعيدة جدا عن موقع الانفجار.

ويتصف أغلب النظائر المشعة بان نشاطها الإشعاعي يستمر طويلا، وتقاس مدة هذا النشاط بما يسمى «عمر النصف» (Half Life)، وكلما زادت مدة عمر النصف زاد الزمن الذي يستمر فيه النشاط الإشعاعي للنظير.

وفترة عمر النصف هي المدة اللازمة لانحلال نصف كمية العنصر المشع مهما كانت هذه الكمية. فإذا كان لدينا مثلا جرام واحد من عنصر مشع، وكان عمر النصف لهذا العنصر 1000 سنة، فإن الجرام من هذا العنصر يحتاج إلى 1000 سنة كي يتحول إلى نصف جرام، وإلى 1000 سنة أخرى كي يتحول إلى ربع جرام، وهكذا.

وكثير من النظائر المشعة تتصف بطول فترة «عمر النصف» إلى حدود كبيرة، فيبلغ عمر النصف للكربون-14 نحو 5730 عاما، ويبلغ نحو 1,3 بليون سنة للبوتاسيوم-40، ويصل إلى نحو 50 بليون سنة بالنسبة لعنصر الروبيديوم-87 المشع.

ويتسبب الانفجار النووي الذي تصل قوته إلى ميجا طن في إنتاج قدر كبير من الغبار النووي الذي يحمل بين طياته بعض النظائر المشعة مثل السيزيوم-137، والاسترونشيوم-90، والكربون-14، وغيرها، وهي نظائر مشعة يستمر نشاطها الإشعاعي مدة طويلة، وتتساقط هذه النظائر على سطح

الأرض في كثير من المناطق، وتلوث الهواء والماء والغذاء وكل شيء تقريبا، كما أنها تدخل في دورة الغذاء فتنتقل من النبات إلى الحشرات والديدان، ومنها إلى الطيور، ثم إلى الإنسان.

وقد بينت التجارب والدراسات التي أجريت على سكان جزر مارشال، بعد تفجير القنبلة الهيدروجينية في بكيتي عام 1954، أن كثيرا من سكان هذه الجزر قد أصيبوا بأورام في الغدة الدرقية نتيجة تعرضهم للنظير المشع اليود-131، بعد أن امتصته أجسامهم وتركز في غددهم الدرقية، ولم تظهر آثاره المدمرة إلا بعد عدة سنوات.

وقد حدث شيء مماثل لسكان غرب الولايات المتحدة الأمريكية، فقد قاسى بعض هؤلاء السكان من الغبار المشع المتساقط بعد إجراء تجارب التفجيرات النووية الأولى فوق صحراء نيفادا.

ولا تعتبر التفجيرات النووية التي تجرى تحت سطح الأرض شيئا آمنا، فهناك دائما احتمال تسرب بعض الإشعاعات النووية إلى المياه الجوفية، وقد تحملها معها هذه المياه إلى الأنهار والبحيرات وتسبب تلوثها بالإشعاع.

وقد كانت نسبة الغبار النووي في الغلاف الجوي مرتفعة بشكل ملحوظ في الفترة التي سبقت عام 1960، وذلك بسبب قيام كثير من دول النادي الذري بإجراء تجارب لتطوير أسلحتهم النووية، ولكن هذه النسبة انخفضت كثيرا فيما بعد نتيجة عمل بعض لجان هيئة الأمم مثل: «اللجنة العلمية لهيئة الأمم لبحث آثار الإشعاع الذري» (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)، والتي يرمز لها بالرمز (UNSCEAR)، والتي بدأت عملها في عام 1956، واستطاعت أن تفرض نوعا من الحظر على إجراء التجارب النووية منذ عام 1962.

وعلى الرغم من هذا الحظر الذي فرضته الأمم المتحدة فما زال بعض الدول تقوم بإجراء بعض التجارب النووية من حين لآخر دون أن تلقي بالا إلى الأضرار التي تنشأ عن هذه التجارب.

محطات القوى النووية: يزداد استهلاك الطاقة هذه الأيام على مستوى العالم، وتبدو هذه الزيادة بشكل أكثر وضوحا في قطاع الكهرباء، ولذلك فقد اشتدت الحاجة في كثير من الدول، سواء منها الدول الصناعية أو الدول النامية، إلى إقامة محطات كبيرة لتوليد الكهرباء حتى تستطيع

مجابهة احتياجاتها من الطاقة الكهربائية.

وقد استقر الرأي في كثير من الدول على إقامة محطات لتوليد الكهرباء تعمل بالطاقة النووية بدلا من المحطات الحرارية التي تعمل بالوقود المعتاد مثل: الفحم، والبترول، والغاز الطبيعي.

وقد انقسم الناس بين مؤيدين ومعارضين فيما يتعلق بإقامة هذه المحطات، فيرى المتحمسون لها أنها أكثر كفاءة، وأكثر وفرا من المحطات الحرارية. فالعمر الافتراضي للمحطة النووية يزيد بنحو خمس سنوات على العمر الافتراضي للمحطة الحرارية، كما أن سعر إنتاج الكيلو وات في المحطة الحرارية يزيد بمقدار 35٪ على تكلفة الكيلووات ساعة الناتج من المحطة النووية.

يضاف إلى ذلك أن المحطات الحرارية تؤدي إلى تلوث الهواء عند إحراقها للوقود، وتطلق في الهواء كميات ضخمة من غاز ثاني أكسيد الكربون، ومن غاز ثاني أكسيد الكبريت، وتشترك بذلك في تكوين الأمطار الحمضية، كما أن هناك توقعات بنضوب أغلب أنواع الوقود التقليدية خلال عشرات السنين القادمة.

ويرى المعارضون لإقامة هذه المحطات أن هناك خطرا كبيرا على البيئة من إقامة مثل هذه المحطات النووية، وهم يركزون بصفة خاصة على ثلاثة أمور: أولها هو بعض الحوادث التي قد تقع للمفاعلات النووية، والتي قد تؤدي إلى تسرب الإشعاعات النووية إلى المناطق المحيطة بهذه المحطات، وثانيهما هو الخطر الناتج من النفايات النووية التي تنتج من هذه المحطات وصعوبة التخلص منها، أما ثالث هذه الأمور فهو التلوث الحراري الذي يحدثه بعض هذه المحطات في البيئة المجاورة لها.

أ- **حوادث المفاعلات:** تعتبر الحوادث التي قد تقع للمفاعلات النووية من أهم عناصر التلوث النووي في النصف الثاني من هذا القرن.

وتعتمد شدة التلوث الناتجة على نوع الحادث، وعلى الطريقة التي تنتشر بها السحابة المشعة، وعلى ازدحام المنطقة المحيطة بالمفاعل بالسكان.

ولا يتم الإعلان عن حوادث المفاعلات في بعض الحالات، وذلك حرصا على عدم إزعاج الجماهير، وتجنبا لإثارة الرأي العام ضد محطات القوى النووية كم ومن أمثلة ذلك الحادث الذي وقع لأحد المفاعلات النووية في

ويستفاليا بألمانيا الغربية في نهاية عام 1985، وأدى إلى تسرب بعض الإشعاعات إلى المناطق المحيطة به، ولم يعرف عنه إلا القليل بسبب التكتم الشديد الذي أحاط بهذا الحادث.

وينطبق ذلك أيضا على الحادث الذي وقع للمفاعل النووي البريطاني المعروف باسم «وندسكيل» (Windscale)، ثم تغير اسمه إلى «سيلافيلد» (Sellafield)، ويقع على بعد نحو 60 ميلا شمال شرقي مدينة لندن.

وقد شب حريق في هذا المفاعل عام 1957 نتج منه انطلاق سحابة مشعة تحتوي على كثير من النظائر مثل. الزينون-133، واليود-131، والسيزيوم-137، والبولونيوم-210، وقد زحفت هذه السحابة فوق المناطق المجاورة للمفاعل، ثم انتشرت بفعل الرياح لتغطي أجزاء من أوروبا الغربية، وهي مناطق آهلة بالسكان.

وقد وقع حادث مماثل لأحد المفاعلات النووية في الولايات المتحدة، ويعرف باسم «ثرى مايلز آيلاند»، وقد وقع هذا الحادث نتيجة خلل أصاب إحدى مضخات التبريد، ولكن التلوث النووي الناتج في هذه الحالة كان أقل خطرا من التلوث الناتج من المفاعل البريطاني، وذلك لأن المفاعل الأمريكي قد أقيم في منطقة منعزلة نسبيا.

ويعتبر الحادث الذي وقع للمفاعل النووي في «تشرنوبيل» (Tchernobyl) بالاتحاد السوفيتي من أكبر الحوادث وأخطرها في تاريخ المفاعلات النووية حتى الآن.

ففي 25 أبريل عام 1986 انفجر المفاعل النووي رقم 4 في محطة القوى المقامة بتشرنوبيل التي تقع في شمال غرب أوكرانيا، وقد دفع هذا الانفجار بكميات ضخمة من النواتج المشعة إلى الجو، وكونت هذه النواتج سحابة هائلة من الغاز والغبار المشع انتشرت فوق مكان الحادث، وحملتها الرياح إلى كثير من دول أوروبا.

وقد أدى هذا الانفجار إلى وفاة 32 شخصا في الحال، وتم ترحيل نحو 13500 من سكان المنطقة بعيدا عن مكان الانفجار، وأعلن أن المنطقة المحيطة بالمفاعل وتبلغ مساحتها نحو 3000 كيلو متر مربع منطقة محظورة.

وقد جاء في تقرير لهيئة الصحة العالمية صدر في مايو 1986 أن آثار الإشعاع الناتجة من هذا الانفجار وصلت إلى أجواء كل من فنلندا، والسويد

بعد يومين من وقوع الحادث، أي في 27 أبريل، ووصلت إلى ألمانيا، وفرنسا في 29 أبريل، كما وصلت أيضا إلى وسط أوروبا، وشمال إيطاليا، وتركيا.

فقد تم اكتشاف وجود البنتونيوم-239، في أجواء السويد، والبلوتونيوم-239 في أجواء كل من ألمانيا، وإيطاليا، وفنلندا، كما تم التعرف في السحابة المشعة على كثير من النظائر المشعة، مثل: اليود-131، واليود-132- والتليريوم-132، والروثنيوم-103، والروثنيوم-106، والسيزيوم-134، والسيزيوم-137، والباريوم-140، واللانثانوم-140، كما تم اكتشاف الاسترونشيوم-90، وهو نظير ذو أثر خطير، في أجواء كل من فنلندا، وإيطاليا، (مرجع رقم 53).

وقد أثار هذا الحادث انزعاجا شديدا في كل أنحاء العالم. فقد تسبب السحابة المشعة الناتجة منه، والتي انتشرت فوق أوروبا، في تلوث المزارع ومختلف المحاصيل، وامتنع الناس في أوروبا عن تناول كثير من الأطعمة والخضر ومنتجات الألبان.

ومما يؤسف له أن بعض الدول الأوروبية قامت بالتخلص من بعض هذه الأطعمة، الملوثة بالإشعاع، بإرسالها إلى بعض دول آسيا وأفريقيا، وهو عمل لا يتسم بالأمانة ولا بالإنسانية، ولذلك قام أغلب هذه الدول الآسيوية والأفريقية بإقامة مراكز خاصة للكشف عن الإشعاع في كل ما تستورده من أطعمة ومأكولات، وقامت برفض كل منتج يزيد فيه الإشعاع عن الحد المسموح به، وهو 370 بكريل (Becquerel) لكل كيلو جرام في حالة الألبان ومنتجاتها، ونحو 600 بكريل لكل كيلو جرام بالنسبة لأنواع الأطعمة الأخرى.(البكريل يساوي تفكك إشعاعي واحد في الثانية الواحدة).

وقد كان لهذا الحادث وقع كبير في كل أنحاء العالم، وقد جعل كثير من الناس يترددون في قبول فكرة إقامة مزيد من محطات القوى التي تدار بالطاقة النووية، وبجانب من قتلوا مباشرة في الحادث فهناك أعداد كبيرة من الأفراد الذين تعرضوا لجرعات مختلفة من الإشعاع في كل من الاتحاد السوفيتي والدول المجاورة له، لا يمكن حصرهم أو معرفة عددهم الآن، وينتظر أن يصاب بعض هؤلاء الأفراد بالأورام الخبيثة، وبسرطان الدم في خلال الأعوام القليلة القادمة.

كذلك فإن التربة الزراعية قد تأثرت بهذا الحادث إلى حد كبير، على الأقل، في المناطق المجاورة لمكان الحادث. وفي أبريل 1988، أي بعد عامين

من انفجار المفاعل، صرح البروفيسور «جرودزنسكي» (Grodzinski)، وهو رئيس قسم الإشعاع البيولوجي بمعهد النباتات بأكاديمية العلوم الأوكرانية، إلى بعض الصحفيين الفرنسيين الذين زاروا المنطقة «أن نحو مليوني هكتار من الأرض الزراعية في أوكرانيا وبيلا روسيا قد أصبحت ملوثة بالإشعاع نتيجة تساقط السحابة المشعة مع الأمطار فوق هذه الأراضي».

ولم تكن هذه هي الحادثة الوحيدة في الاتحاد السوفيتي، فقد كشف أحد علماء البيولوجيا السوفيت الذين هاجروا إلى الغرب ويدعى «مدفينيف» (Medveniev) عام 1976 أن انفجارا مماثلا قد حدث في «كيشتيم» (Kychtym) في جبال الأورال على بعد نحو 1500 كيلومتر من موسكو عام 1957، وأن السبب في الانفجار هو بعض النفايات النووية الناتجة من المشروعات الحربية والمدفونة في باطن الأرض، وقال: إن هذا الانفجار كان أعنف من انفجار تشرنوبيل، ولكن لم يعلن عنه، وظن من شعر به أنه إحدى التجارب النووية التي تجرى في باطن الأرض.

ولا شك أن التقدم العلمي سيزيد من قدرة الإنسان على التحكم في هذه المفاعلات والسيطرة عليها، ورفع حد الأمان بها، إلا أن زيادة أعداد مثل هذه المفاعلات ومحطات القوى النووية سيرفع من احتمالات وقوع الحوادث بها، ويزيد من أخطار التلوث النووي، ولهذا يرى كثير من الدول أن موضوع إقامة المحطات النووية لتوليد الكهرباء يجب أن يؤخذ بحرص شديد وبعناية كافية.

ب- النفايات النووية: يتكون الوقود النووي المستخدم في المفاعلات النووية من اليورانيوم-238 المحتوي على قدر من اليورانيوم-235 يتراوح ما بين 0,7٪ و 4٪، كما يمكن استعمال أنواع أخرى من الوقود مثل: ا ليورانيوم-233، والبلوتونيوم-239.

ويستعمل عادة أكسيد اليورانيوم (UO_2) في المفاعلات النووية، فيضغط على هيئة قضبان صغيرة يصل طولها إلى 13 سنتيمترا، ويبلغ قطرها نحو ثمانية مليمترات، وتصف هذه القضبان في أنابيب طويلة توضع في قلب المفاعل.

وتقل كفاءة الوقود النووي في المفاعل بشكل ملحوظ عندما تصل نسبة انشطار الذرات إلى نحو 4٪ من مجموع ذرات المادة المستعملة كوقود، وتتحول

عندئذ هذه الذرات إلى عناصر أخرى تبدأ بامتصاص كثير من النيوترونات السريعة الناتجة من الوقود الأصلي.

ويحتوي الوقود النووي المستهلك على بعض نواتج الانشطار التي تشع «بيتا-جاما» وهي ذات إشعاع ضعيف نسبيا، كما يحتوي على كثير من النظائر الثقيلة التي تشع «جسيمات ألفا» مثل: النبتونيوم، والبلوتونيوم، والأمريسشيوم، والكيوريوم، وهي مواد على درجة عالية من النشاط الإشعاعي، وتتصف بأن عمر النصف، بالنسبة لها، بالغ الطول، ولذلك فإن نشاطها الإشعاعي يستمر مدة طويلة، ومثال ذلك النبتونيوم-237 الذي يستمر نشاطه الإشعاعي مدة مليون سنة.

وقد بدأت مشكلة النفايات النووية منذ عام 1944، مع أول إنتاج للبلوتونيوم في ولاية واشنطن بالولايات المتحدة.

ولا يعرف على وجه التحديد كمية المخلفات النووية الناتجة من مختلف الأنشطة العسكرية. فهذه الأنشطة سرية بطبيعتها، ولا شك أن الدول الكبرى التي تضع مئات من القنابل النووية التكتيكية والاستراتيجية لديها فائض كبير من هذه النفايات المشعة يكفي لإحداث تلوث واضح في مياه كل البحار والمحيطات.

وتقع خطورة هذه المخلفات المشعة، سواء منها الناتج من الأغراض العسكرية، أو من محطات القوى النووية، في أثرها المباشر في جميع عناصر البيئة المحيطة بها، فلا يمكن تركها مكشوفة في العراء، كما أن دفنها في باطن الأرض قد يؤدي بعد فترة إلى تلوث المياه الجوفية وغير ذلك من الأضرار.

وقد حاول بعض الدول الغربية استخدام الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا لدفن مخلفاتها المشعة، ولكن الدول المحيطة بهذه الصحراء، ومنها جمهورية مصر العربية، اعترضت بشدة على ذلك خوفا من تلوث المنطقة بالإشعاعات النووية وخوفا من وصول بعض هذه المواد المشعة إلى المياه الجوفية التي تقع تحت أراضي كل من مصر وليبيا، وتم القضاء على هذه الفكرة في مهدها.

ويمثل التخلص من هذه النفايات المشعة مشكلة كبرى بالنسبة لكثير من الدول، خصوصا الدول التي تكثر فيها المحطات النووية المستخدمة في

توليد الكهرباء. وسيأتي ذكر بعض طرائق التخلص من هذه المخلفات عند استعراض طرائق التخلص من كل أنواع المخلفات فيما بعد.

ج-التلوث الحراري: تنشأ ظاهرة التلوث الحراري عند وجود فرق ملحوظ في درجة حرارة المياه بين منطقة وأخرى، أو بين عمق وآخر في أحد المجاري المائية.

وتنتشر ظاهرة التلوث الحراري بجوار محطات القوى، وبصفة خاصة بجوار المحطات النووية المستخدمة في توليد الكهرباء، وذلك لأن هذه المحطات تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء لتبريد مفاعلاتها، ولهذا السبب يقام أغلب هذه المحطات بجوار الأنهار، أو على شواطئ البحيرات أو البحار.

وعند استخدام المياه في التبريد ترتفع درجة حرارة هذه المياه نتيجة التبادل الحراري بينها وبين الأجزاء الساخنة في قلب المفاعل النووي، وتصبح درجة حرارة هذه المياه أعلى من درجة حرارة بقية مياه المجرى.

وعندما تتكرر هذه العملية يوما بعد يوم فإن جزءا كبيرا من مياه المجرى المائي ترتفع درجة حرارته عن الحد الطبيعي، وقد ترتفع درجة حرارة المجرى المائي بأكمله إذا كان على هيئة بحيرة مقفلة.

ونظرا لأن كثيرا من الأحياء المائية لا تستطيع التكيف بسهولة مع مثل هذه التغيرات الحرارية فإن مثل هذه التغيرات الحرارية، والتي تمثل فروقا طفيفة في درجات الحرارة قد لا تزيد على درجتين أو ثلاث درجات مئوية، قد تتسبب في الإخلال بالنظام البيئي المتوازن، وقد تؤدي إلى هجرة الأسماك من هذا المجرى المائي، وقتل بعض الأحياء المائية الأخرى التي تعيش في هذه المياه.

وحتى البحار المفتوحة قد تعاني من هذا النوع من التلوث الحراري، فقد تبين أن مياه الصرف الساخنة الناتجة من المحطات النووية المقامة على شواطئ البحار، والتي تلقى في مياه البحر بجوار الشاطئ، تؤدي إلى قتل أغلب الكائنات الحية التي كانت تعيش في هذه المياه الساحلية.

وقد تصل درجة حرارة مياه الصرف الساخنة التي تخرج من المحطة النووية إلى نحو 50 م. ومن المعتقد أن المحطة النووية التي تبلغ قدرتها نحو 500 ميجاوات تستطيع مياه صرفها الساخنة أن ترفع درجة حرارة مياه نهر لا يزيد معدل سريانه على ثلاثين مترا مكعبا في الثانية، بمقدار عشر

درجات مئوية.

ونظرا لأن نسبة الأكسجين الذائب في المياه الساخنة تقل كثيرا عن نسبته الذائبة في المياه الباردة فإن صرف هذه المياه الساخنة في المجرى المائي يقلل من نسبة غاز الأكسجين الذائب في مياه هذا المجرى، مما يؤثر تأثيرا سيئا في حياة كافة الكائنات التي تعيش في هذه المياه.

وقد فطن كثير من الدول إلى خطورة هذا التلوث الحراري على حياة مختلف الكائنات الحية البحرية، فاستنت بعض التشريعات التي تحدد درجة حرارة مياه الصرف الساخنة قبل إلقائها في المجاري المائية، وألزمت بها المصانع ومحطات القوى. ولهذا نجد أن أغلب هذه الوحدات الصناعية بها أبراج تبريد ضخمة تستخدمها في خفض درجة حرارة المياه، كما أن بعض محطات القوى النووية قد أنشأت بحيرات صناعية خاصة بها تستعملها في دورة مياه التبريد.

وقد قدمت حلول أخرى لمشكلة التلوث الحراري، فمن الممكن استخدام مياه البحر العميقة في عمليات التبريد، وعادة ما تكون درجة حرارة هذه المياه العميقة أقل كثيرا من درجة حرارة المياه السطحية، وعند استخدامها في عمليات التبريد فإن درجة حرارتها لن ترتفع كثيرا، وبذلك لن يكون هناك فرق واضح بين درجة حرارتها ودرجة حرارة المياه السطحية التي تلقى فيها.

وهناك فائدة أخرى لاستخدام مياه الأعماق، فهذه المياه تحتوي على كثير من الكائنات الحية الدقيقة، وعند إلقاء هذه المياه بعد استخدامها في التبريد فإنها ستساعد على زيادة نسبة المواد الغذائية في المياه السطحية للبحر، وتؤدي بذلك إلى الحفاظ على حياة الكائنات البحرية الأخرى.

ويمكن كذلك إلقاء هذه المياه العميقة، بعد استخدامها، في أحواض خاصة تحتوي على الزريعة السمكية، فتوفر بذلك لهذه الذريعة ما يناسبها من غذاء.

وهناك مضار أخرى للتلوث الحراري، فعندما يكون هذا التلوث شديدا، أي عندما ترتفع درجة حرارة المياه بشكل كبير، فقد يؤدي ذلك إلى إحداث بعض التغير في الشكل العام للبحيرة، أو لمصب النهر الذي تلقى فيه هذه المياه.

وتتأثر النباتات التي تعيش في الماء بالتغيرات التي قد تحدث في درجة حرارة المياه المحيطة بها، وقد يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه إلى انقراض بعض أنواع النباتات، وقد يترتب على ذلك حدوث خلل في التوازن الطبيعي القائم بين مختلف عناصر البيئة، خصوصا عندما لا يوجد عامل آخر يستطيع أن يعوض النقص الناشئ عن اختفاء أحد الأنواع، وعندئذ قد ينحل النظام البيئي بأكمله، ويصبح المجرى المائي خاليا تماما من كل أشكال الحياة.

16 التلوث بمياه الصرف الصحي

تتكون مياه الصرف الصحي في أي مدينة من مجموع المياه المستعملة في المنازل مثل: مياه المطابخ والحمامات، وكذلك المياه التي تحمل الفضلات من دورات المياه، وتضاف إليها مياه الأمطار، والمياه المستخدمة في غسل الطرق، والمياه المستخدمة في بعض الورش والجراجات، وبعض المصانع الصغيرة التي تقع في داخل إطار المدينة، وتلقي ببعض مخلفاتها في نظام الصرف الصحي للمدينة.

ويعد التخلص من مياه الصرف الصحي من أهم المشاكل الرئيسة التي يقابلها المسؤولون عن الصحة العامة في المدن.

وتزداد هذه المشكلة حدة عندما تتسع المدينة، وتتصل ضواحيها بضواحي المدن الأخرى المجاورة، ويتكون من الجميع وحدة سكانية بالغة الضخامة.

ومن أمثلة هذه المدن مدينة بوسطن بالولايات المتحدة التي اتسعت رقعتها بشكل هائل، وكذلك مدينة القاهرة الكبرى التي تمتد من حلوان جنوبا إلى شبرا الخيمة وقليوب شمالا، كما اتصلت بمدينة الجيزة غربا.

ولاشك أن اتساع رقعة المدينة بهذا الشكل الهائل، وزيادة تعداد سكانها يلقيان عبئا ثقيلا على

عاتق المسؤولين عن عمليات الصرف الصحي والتخلص من النفايات.

وعند إلقاء مياه الصرف الصحي في المجاري المائية الطبيعية، مثل: الأنهار والبحيرات، فإنها تفسد هذه المجاري المائية، وتجعلها غير صالحة لحياة مختلف الكائنات، وذلك لأن مياه الصرف الصحي تحمل بين طياتها كثيرا من المواد الضارة، ومن الطبيعي أنها تجعل مياه هذه المجاري المائية غير صالحة للشرب.

وقد يستطيع بعض المجاري المائية الكبيرة مقاومة الضرر الناتج من هذه المياه الملوثة، مثل: البحيرات الكبيرة، أو الأنهار سريعة الجريان، فهي قد تسلك مسلك الأنظمة البيئية المتوازنة مما يجعلها قادرة، في حدود معينة طبعا، على التخلص من عناصر التلوث بكفاءة معقولة.

ويمكن لبعض أنواع البكتيريا التي تعيش في مياه هذه الأنهار والبحيرات أن تشترك مع ضوء الشمس ومع غاز الأكسجين الذائب في الماء، ومع بعض عناصر التحلل الأخرى، في التخلص من بعض الشوائب والفضلات العضوية، سواء كانت هذه المواد العضوية واردة مع مياه الصرف الصحي، أو ناتجة من موت بعض النباتات والحيوانات التي كانت تعيش في هذه المياه.

وكفاءة هذه المياه الطبيعية في التخلص من الفضلات العضوية والشوائب الأخرى ليست كفاءة مطلقة، ولكن لها حدودا معينة لا تتعداها، ويجب علينا دائما أن نأخذ ذلك في الاعتبار، ونحرص على ألا نتعدى هذه الحدود بحال من الأحوال، ولو أن كمية الفضلات التي تلقى في النهر أو في البحيرة زادت على حد معين لاختل هذا النظام المتوازن، ولحدث التلوث وبدت آثاره واضحة للعيان.

ويتوقف الزمن الذي تفسد فيه مياه المجرى المائي، ولا تعود صالحه للاستعمال، على عدة عوامل منها. سرعة تيار المياه في المجرى المائي، وكمية الأكسجين الذائب في هذه المياه، والسرعة التي تستطيع بها بعض أنواع البكتيريا تحليل هذه الشوائب والفضلات، ولكن أهم هذه العوامل قاطبة هو حجم الشوائب والفضلات التي تلقى في هذا المجرى المائي.

وعندما تكون المدينة صغيرة الحجم فإن مياه الصرف الصحي الناتجة منها تكون قليلة نسبيا، وإذا كان النهر الذي تلقى فيه هذه المخلفات واسعا وكبيرا، وتتحرك مياهه بسرعة معقولة في اتجاه بعيد عن المدينة، فإن

التلوث الناتج من إلقاء مخلفات هذه المدينة في هذا النهر لن يدوم طويلا، وبعد أن تتحرك مياه النهر لعدة كيلومترات نحو المصب، تكون هذه المخلفات قد تم تخفيفها، وتكون العناصر الطبيعية المختلفة قد تمكنت من التخلص من هذه الفضلات، وتعود مياه النهر بعد ذلك إلى حالتها الطبيعية.

وتحتاج الكائنات الحية البحرية إلى وجود نسبة معينة من غاز الأكسجين الذائب في الماء حتى تستطيع أن تقوم بوظائفها، ويجب ألا تقل هذه النسبة عن أربعة أجزاء في المليون وإلا ماتت كل الكائنات البحرية التي تعيش في هذه المياه، ولا يختلف في ذلك النبات أو الحيوان.

وتجب مراعاة حجم مخلفات الصرف الصحي التي تلقى في المجاري المائية حتى لا تتسبب في تغير نسبة الأكسجين الذائب في الماء، وذلك لأن هذه المخلفات عادة ما تستهلك قدرا كبيرا من هذا الأكسجين، وقد تستهلك كل الأكسجين الذائب في الماء إذا زادت نسبتها عن حد معين، وتقضي بذلك على كل مظاهر الحياة في هذه المجاري المائية.

ويفضل دائما ألا تزيد نسبة مياه الصرف الصحي التي تلقى في الأنهار على ١ : 70، أي بنسبة جزء منها لكل سبعين جزءا من مياه النهر إذا لم تكن مياه الصرف الصحي قد سبقت معالجتها، ويمكن تخفيض هذه النسبة إلى ١ : 40 إذا كانت هذه المياه قد تمت معالجتها.

ولا يقتصر التلوث الناتج من إلقاء مخلفات الصرف الصحي في المجاري المائية في الأنهار والبحيرات فقط، بل قد يمتد هذا التلوث كذلك إلى البحار، فهناك كثير من المدن التي تقع على شواطئ البحار تلقي بمخلفاتها وفضلاتها في هذه البحار.

ومن أمثلة هذه المدن مدينة مرسيليا بفرنسا، ومدينة الإسكندرية بجمهورية مصر العربية فكلتاهما تلقي بفضلاتها في مياه البحر الأبيض المتوسط.

وهناك احتياطات معينة يجب اتخاذها عند إلقاء مياه الصرف الصحي في البحار، فيفضل دائما معالجة هذه المياه معالجة ابتدائية قبل إلقائها، وذلك بإزالة ما بها من فضلات ومواد صلبة.

كذلك يفضل إلقاء هذه المياه بعيدا عن الشواطئ بواسطة أنابيب خاصة تمتد داخل البحر لمسافات كبيرة تصل إلى نحو عشرة كيلومترات بعيدا عن

الشاطئ، لتصب هذه المخلفات في عمق لا يقل عن خمسين مترا تحت سطح البحر.

ونظرا لأن الوزن النوعي لمياه الصرف الصحي يقل عن الوزن النوعي لمياه البحر، فإن هذه المخلفات لا ترسب في القاع في الحال، ولكنها تبدأ في الصعود إلى سطح البحر لتطفو عليه بعد فترة مكونة مخروطا ضخما قاعدته إلى أعلى عند سطح البحر، وقمته إلى أسفل عند خرج أنبوبة الصرف، ولهذا يجب أن يؤخذ اتجاه التيارات البحرية في الاعتبار قبل مد هذه الأنابيب.

كذلك تجب دراسة سرعة الرياح واتجاهها في منطقة الصرف، وتحديد حركة الأمواج على مدار العام، وذلك كي يترك الوقت الكافي للعناصر الطبيعية مثل البكتيريا، والكائنات البحرية الدقيقة، وضوء الشمس للقيام بدورها الطبيعي في تحليل هذه الفضلات والمخلفات والمواد العضوية إلى مواد أخرى لا ضرر منها بعيدا عن الشواطئ وبعيدا عن الناس.

وكما سبق أن بينا فإن إلقاء مياه الصرف الصحي في الأنهار أو في البحيرات يجب ألا يتعدى حدود معينة وإلا أدى ذلك إلى فشل العناصر الطبيعية في التغلب عليها وتحليلها، مما قد يؤدي إلى حدوث بعض التغيرات الواضحة في طبيعة مثل هذه المجاري المائية.

وعادة ما تكون البحيرات أو الأنهار البطيئة حديثة التكوين ذات مياه صافية، وتقل بها نسبة الشوائب والمواد العالقة.

وعندما تتقادم هذه المجاري المائية، وتمر عليها السنون تزداد فيها نسبة المواد الغذائية عاما بعد عام، وترد إليها هذه المواد الغذائية من المنابع أو مع مياه الأمطار، أو مع المياه الناتجة من ذوبان الجليد، وتصبح عندئذ هذه البحيرات والأنهار صالحة كل الصلاحية لنمو مختلف الكائنات.

وعندما يزداد الغذاء بهذه المجاري المائية بشكل وفير تبدأ النباتات التي تعيش بها في التكاثر بشكل كبير، وتنتشر فيها على وجه الخصوص الطحالب الخضراء التي تغطي سطحها في نهاية الأمر بطبقة خضراء كثيفة.

وبمرور الزمن تصبح كمية الأكسجين الذائبة في مياه هذه المجاري غير كافية لنمو الكائنات، فيذبل بعض النباتات الموجودة فيها، ويتعفن بعضها الآخر، ثم يموت ما فيها من أسماك وتضاف أجسادها إلى البقايا المتعفنة

والمتكدسة على قيعانها، وينتهي الأمر بمثل هذه البحيرات والأنهار إلى أن تتحول إلى مستنقعات تتشابك فيها البقايا النباتية، وتصعب الملاحة فيها، وتصبح غير صالحة للصيد أو الاسترواح.

وتتكرر هذه الظاهرة في كثير من المجاري المائية التي تزداد فيها نسبة المواد الغذائية بشكل كبير، وتظهر بصفة خاصة في بعض البحيرات المقفلة ويقال عندئذ إن البحيرات قد تقدمت بها السن، ووصلت إلى مرحلة لم تكن لتصل إليها في الظروف المعتادة إلا بعد انقضاء مئات أو آلاف السنين.

وتعرف هذه الظاهرة عند علماء البيئة بظاهرة التشبع الغذائي (Eutrophication)، وهي حالة لا تصل إليها البحيرات عادة إلا بعد انقضاء وقت طويل.

وتبدو هذه الظاهرة بوضوح في بعض البحيرات التي تلقى بها مياه الصرف الصحي، وذلك لأن إلقاء هذه المياه يتسبب في زيادة نسبة المواد العضوية، وزيادة نسبة مركبات الفوسفات في مياه هذه البحيرات، خصوصا إذا كانت مياه الصرف الصحي بالغة الضخامة وواردة من إحدى المدن الكبيرة. وبمرور الوقت تصل البحيرة إلى حالة التشبع الغذائي، وتتحول إلى مستنقع كبير.

ويمكن المحافظة على مثل هذه البحيرات والمجاري المائية، ومنع تلوثها بهذا الشكل الخطير، إذا عولجت مياه الصرف الصحي معالجة جيدة قبل إلقائها فيها.

وتشبه عمليات المعالجة الجيدة التي تجرى على مياه الصرف الصحي العمليات الطبيعية نفسها التي تحدث في هذه البحيرات بواسطة عناصر التحليل الموجودة فيها، وذلك لأن محطات المعالجة تستخدم، في إحدى مراحلها، الكائنات الحية الدقيقة نفسها التي تقوم بهذا العمل في المياه الطبيعية، وبذلك تقلل هذه المعالجة كثيرا من العبء الملقى على كاهل هذه الكائنات في بيئتها الطبيعية.

وبالرغم من ذلك فإن مشكلة الصرف الصحي مازالت تمثل إحدى المشاكل الرئيسة في كل دول العالم، خصوصا بعد التضخم الهائل الذي حدث لكثير من المدن في هذا العصر، وازدحام هذه المدن بملايين من السكان، والزيادة الهائلة في كميات مياه الصرف الصحي ومخلفاتها الواجب

التخلص منها، والتي تسبب ضغطا هائلا على عناصر البيئة في كل مكان.

ورغم أن عمليات معالجة مياه الصرف الصحي تخفف كثيرا من هذا الضغط إلا أنها لا تستطيع تخليص مياه الصرف من المواد الذائبة فيها مثل: مركبات الفوسفات، ومركبات النترات، وغيرها من المركبات الكيميائية، ولهذا فإن تكرار إلقاء مياه الصرف الصحي، حتى المياه المعالجة منها، سيؤدي إلى زيادة تركيز هذه الأملاح في هذه المجاري المائية.

وتعتبر مركبات الفوسفات والنترات مواد أساسية بالنسبة لنمو كثير من النباتات وبصفة خاصة الطحالب، ولذلك فهي سوف تساعد على نمو هذه النباتات بشكل كثيف، وتبدأ هذه المجاري المائية تعاني من ظاهرة التشبع الغذائي، وتمتلئ بالطحالب وبالنباتات المتشابكة، وتتحول في نهاية الأمر إلى مستنقعات.

وربما كان أفضل طرائق التخلص من مياه الصرف الصحي هو إلقاؤها في البحار المفتوحة بعد معالجتها معالجة جيدة، على أن يكون ذلك على بعد كبير من الشاطئ، وعلى عمق كبير من سطح البحر، ويساعد ذلك على أكسدة أغلب ما فيها من مواد عضوية، وتخفيف تركيز ما فيها من أملاح الفوسفات وغيرها، وبذلك تزول آثارها الضارة.

ومن الممكن إلقاء مياه الصرف الصحي بعد معالجتها في المناطق الصحراوية البعيدة عن العمران، ويفضل ألا تكون هذه المناطق في مهب الريح حتى لا تصل الروائح الكريهة والغازات إلى المناطق الآهلة بالسكان.

كذلك يفضل أن تكون تربة هذه المناطق عالية المسامية حتى يسهل تسرب المياه خلالها، ولا تتكون بها البرك والمستنقعات.

وتعتبر التربة التي تلقى فيها مياه الصرف الصحي تربة غير صالحة للزراعة بالنسبة لكثير من المحاصيل خصوصا الخضر والفاكهة، وذلك لأن هذه التربة ستحتوي بمضي الزمن على تركيزات عالية من بعض المواد الضارة، مثل بعض الفلزات الثقيلة ذات الأثر السام، ويخشى أن تنتقل هذه المواد إلى الإنسان عن طريق تناوله لهذه المحاصيل الزراعية.

وقد جربت هذه الطريقة في جمهورية مصر العربية، فكان جزء من مياه الصرف الصحي لمدينة القاهرة يلقى في منطقة صحراوية بعيدة عن العمران، وقد ساعد ذلك على زيادة خصوبة تربة المنطقة الصحراوية،

ولكن بعض الفواكه الناتجة منها مثل الشمام والبطيخ لم يلق قبولا لدى الجماهير، وقد تحولت هذه المنطقة الآن إلى غابة تمتلئ بالأعشاب والأشجار.

وسيتم ذكر الطرائق المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي عند ذكر طرائق التخلص من المخلفات السائلة.

17 المخلفات الصلبة وطرائق التخلص منها

تتميز المجتمعات الحديثة بأنماط زائدة من الاستهلاك، ولا يتوقف ذلك على الدول الغنية فقط، بل انتقلت هذه العدوى إلى كثير من الدول النامية فزاد استهلاكها على إنتاجها، واختل بذلك ميزانها الاقتصادي.

ويصاحب هذه الزيادة الهائلة في الاستهلاك زيادة مضطردة في حجم المخلفات التي ينبغي التخلص منها كل يوم، خصوصا في المدن الكبيرة المزدحمة بالسكان.

وتعاني كل الدول من هذه المشكلة نظرا لازدياد كميات هذه المخلفات والنفايات يوما بعد يوم. ففي دولة مثل الولايات المتحدة، وهي من أكبر الدول الاستهلاكية في العالم، تبلغ كمية هذه المخلفات الناتجة من المصانع والمتاجر ومواد البناء، بالإضافة إلى قمامة المنازل، حدا هائلا يصل إلى نحو مليون طن في اليوم، أي بمعدل أربعة كيلو جرامات لكل فرد في اليوم.

وتمثل هذه المخلفات عبئا كبيرا على كاهل القائمين على أمر هذه المدن، فهذه المخلفات يجب

التخلص منها كل يوم حرصا على الصحة العامة، وتبلغ كمية النفايات الصلبة التي ترفع يوميا من مدينة القاهرة، مثلا، أكثر من 5000 طن، وتزيد على ذلك كثيرا في بعض العواصم الأخرى.

ولو أننا تركنا هذه النفايات والمخلفات معرضة للهواء لنمت عليها جيوش من البكتيريا والحشرات، ولتعفنت المواد العضوية الموجودة فيها، مما يؤدي إلى انتشار الروائح الكريهة وانتشار الأمراض في البيئة المحيطة بها.

وتتنوع مخلفات المدن كثيرا. فهي قد تحتوي على بعض الأوراق، والصناديق، وقطع القماش القديمة، والزجاجات الفارغة، والعلب المعدنية، وعبوات الأيروسول، بالإضافة إلى بعض بقايا عمليات البناء والتشييد، وقطع الأخشاب، وبعض المخلفات المعدنية، وبقايا الطعام، وغيرها من نفايات المنازل.

ويضاف إلى كل ذلك آلاف الأطنان من المخلفات الصناعية، وبعض المخلفات الزراعية، وقطع الأثاث المستهلكة، وهياكل السيارات القديمة.

ولو أننا ألقينا بكل هذه النفايات في البيئة الطبيعية المحيطة بنا لما استطاعت العوامل الطبيعية أن تتخلص من هذا الكم الهائل متنوع الأشكال.

ولا تقتصر صعوبة التخلص من المخلفات الصلبة على حجمها الضخم فقط، ولكن بعض هذه المخلفات مثل: العلب المعدنية، ونفايات البلاستيك، وهياكل السيارات القديمة وما إليها، يستطيع مقاومة العوامل الطبيعية إلى حد كبير، ولذلك لا يمكن التخلص منها بسهولة، وتبقى من ملوثات البيئة الثابتة التي لا تتغير لمدة عدة سنوات.

ولم يكن الإنسان يهتم كثيرا بالتخلص من النفايات في الزمن القديم، وذلك لأنه كان دائم التنقل والترحال، و لهذا كان يلقي بمخلفات في كل مكان، ولا تخطر له مشكلة التلوث على بال، فبدلا من أن يتخلص من هذه النفايات كان يقوم هو بمبارحة المكان والانتقال إلى مكان آخر تاركا وراءه هذه المخلفات.

ولم يعد هذا ممكنا بعد أن استقر الإنسان وسكن في هذه التجمعات الكبيرة المسماة بالمدن، فقد أصبح لزاما عليه أن يبتكر طرائق فعالة لجمع هذه المخلفات والتخلص منها، ولم يعد ممكنا أن يترك هذه القمامة وغيرها من المخلفات لتتجمع حوله وحول مسكنه.

وتلقى مشكلة التخلص من النفايات اهتماما شديدا هذه الأيام في كل مكان، بعد أن فطن الإنسان إلى حدة مشكلة التلوث، وخطورتها على صحته وسلامته، وضررها البالغ على البيئة المحيطة به.

وهناك عدة طرائق للتخلص من المخلفات الصلبة، فقد تدفن هذه المخلفات في باطن الأرض في أماكن منعزلة بعيدة عن العمران، كما قد تحرق هذه المخلفات في أفران خاصة، أو تلقى في مياه البحار، كما أن بعض أجزاء من هذه المخلفات قد يصلح طعاما للحيوانات والخنازير، كما قد تطحن قمامة المنازل وتلقى في مياه الصرف الصحي للمدن في بعض الحالات.

دفن المخلفات: يكتفي بعض المدن بدفن مخلفاتها الصلبة في حفر خاصة في أماكن بعيدة خارج النطاق العمراني للمدينة.

وقد تلقى هذه المخلفات في بعض الحفر أو المنخفضات الموجودة طبيعيا، أو تحفر لهذا الغرض خنادق خاصة بواسطة الجرارات، وبعد أن تلقى فيها المخلفات الصلبة تمر عليها جرارات خاصة لضغطها في أقل حيز ممكن، ثم تغطى بالتراب الذي ينقل إليها من أماكن مجاورة، ويسوى بعد ذلك سطح ا لتربة.

ولهذه الطريقة عدة عيوب، فالأرض في هذه المناطق تصبح لينة، ولا يمكن استخدامها بعد ذلك في البناء، أو في إقامة المنشآت، لأنها لن تتحمل مثل هذه الضغوط الكبيرة، ولكن قد يمكن استخدامها في بعض الأغراض الأخرى، ويمكن تحويلها إلى حدائق عامة.

وعند سقوط الأمطار فوق سطح التربة التي تغطي هذه الأماكن فإن مياه المطر قد تتغلغل في التربة السطحية، وتصل إلى ما تحتها من مخلفات ونفايات مطمورة، وقد تستخلص هذه المياه بعض المواد الخطرة من هذه النفايات وتحملها معها إلى المياه الجوفية، ومنها إلى المجاري المائية، وبذلك قد تتسبب هذه الطريقة في تلوث المياه الجوفية ومياه الأنهار والبحيرات.

وهناك صعوبة أخرى أمام هذه الطريقة، فكثير من المدن لا توجد بالقرب منها أماكن مناسبة لدفن هذه المخلفات، ولذلك نجد أن بعض هذه المدن تضطر إلى نقل هذه المخلفات إلى مسافات بعيدة عن المدن لدفنها في أماكن منعزلة، وهي عملية ترفع كثيرا من تكلفة هذه النفايات.

ومن أمثلة هذه المدن مدينة سان فرنسيسكو بالولايات المتحدة. فهي تضطر لنقل مخلفاتها لمسافة طويلة تصل إلى نحو 600 كيلومتر لدفن مخلفاتها في رمال الصحراء.

إلقاء المخلفات في البحار: لا يمثل إلقاء المخلفات الصلبة في البحار أو المحيطات تخلصا حقيقيا من هذه المخلفات، فبعض هذه المخلفات قد يطفو فوق سطح الماء، وقد تدفعه الرياح والأمواج ليصل إلى السواحل والشواطئ، وبذلك يصل بعض هذه المخلفات مرة أخرى إلى بعض المدن المقامة على شواطئ البحار.

كذلك قد تقوم مياه البحر باستخلاص كثير من المواد الضارة بصحة الإنسان من هذه النفايات، وقد يتغطى قاع البحر في هذه المناطق بأشكال مختلفة من هذه النفايات، وقد يؤدي كل ذلك إلى الإخلال بالنظام البيئي المتوازن ويسبب كثيرا من الأضرار الحية التي تعيش في هذه المياه.

إحراق المخلفات: يقوم بعض الدول بحرق بعض المخلفات الصلبة للتخلص منها، ويستفاد من الطاقة الحرارية الناتجة في إنتاج البخار الذي قد يستعمل في التدفئة أو في توليد الكهرباء.

والقيمة الحرارية للقمامة لا بأس بها، خصوصا القمامة التي تتكون من الورق الجاف، وقطع القماش، وبعض الأخشاب وما يماثلها، وهي تعطي قدرا كبيرا من الطاقة يقترب كثيرا من الطاقة الناتجة من الفحم.

وتبلغ الطاقة الناتجة من إحراق كيلوجرام من القمامة نحو20 مليون كيلوجرام، بينما يعطي الفحم طاقة حرارية تكافئ 28- 38 مليون كيلوجرام لكل كيلوجرام، وتزيد القيمة الحرارية قليلا بالنسبة للقمامة التي تتكون من بقايا الطعام واللحوم.

وتصلح هذه الطريقة للتخلص من نحو 70٪ من المخلفات الصلبة للمدن، وهي تقلل كثيرا من حجم النفايات المطلوب التخلص منها، فعندما تتم عملية الإحراق بكفاءة تامة يمكن تقليص حجم هذه المخلفات بنسبة كبيرة قد تصل إلى نحو 95٪ من حجمها الأصلي، أما الرماد الناتج من الأفران بعد عمليات الحرق فيدفن في باطن الأرض.

وتعتبر هذه الطريقة مناسبة من وجهة نظر المهتمين بالتخلص من النفايات والمخلفات الصلبة، ولكنها لا تعتبر مناسبة تماما من وجهة نظر

المهتمين بمقاومة التلوث، وذلك لأن إحراق هذه المخلفات ينتج منه انطلاق قدر كبير من الغازات في الهواء.

والغازات الناتجة من إحراق هذه المخلفات متعددة الأنواع، وهي تشبه إلى حد كبير الغازات المتصاعدة من إحراق أنواع الوقود التقليدية مثل: الفحم والبترول، ولذلك يجب أن تكون الأفران التي تحرق فيها هذه المخلفات خارج المدن، بعيدة كل البعد عن المناطق السكنية، وبعيدة أيضا عن مهب الريح.

وتحمل هذه الغازات في طياتها كثيرا من الشوائب المتطايرة والغبار، ولذلك يفضل أن تلحق بهذه الأفران تجهيزات خاصة للتخلص من هذه الشوائب. وقد تتضمن هذه التجهيزات وجود ألواح خاصة مشحونة بالكهرباء لالتقاط ما في هذه الغازات من دقائق وجسيمات، أو وجود لأبراج خاصة تعرف باسم أبراج الغسيل (Scrubbers) تدفع فيها الغازات من أسفل البرج لتقابل رذاذ من الماء المتساقط من قمة البرج.

وتساعد أبراج الغسيل على التخلص من الشوائب العالقة بالغازات الناتجة من الاحتراق، كما تساعد على إذابة بعض هذه الغازات مثل ثاني أكسيد الكبريت وغيره من الغازات التي تقبل الذوبان في الماء، ولكنها لن تخلصنا تماما من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون اللذين يكونان الجزء الأكبر من هذه الغازات.

إعادة استخدام المخلفات: يستخدم بعض المدن طرائق أخرى للتخلص من المخلفات الصلبة، ففي بعض الأحيان يعاد استخدام أجزاء من هذه المخلفات لصنع بعض المنتجات الجديدة.

وتستعمل هذه الطريقة جزئيا في جمهورية مصر العربية، فتفرز المخلفات وتفصل مكوناتها كل على حدة، وترسل المخلفات المعدنية إلى مصانع الصلب الصغيرة حيث يعاد تصنيعها إلى منتجات جديدة.

كذلك تفصل المخلفات الزجاجية ويعاد استخدامها لصناعة أنواع رخيصة من الزجاج البني أو الأخضر. أما الأوراق وبقية المواد السليولوزية فتجمع وترسل إلى مصانع الورق الصغيرة، حيث يتم تبيضها، ويصنع منها بعض صناديق التغليف وأوراق الكرتون.

وتساعد هذه الطريقة على التخلص من جزء كبير من مخلفات المدن،

بجانب أن لها بعض القيمة الاقتصادية.

ويمكن استخدام النفايات المحتوية على مواد عضوية يسهل تخمرها بواسطة ا لبكتيريا، مثل: الورق، والقماش، والخشب، وبقايا الطعام، لإنتاج غاز الميثان، وقد قام بعض الشركات في الولايات المتحدة باستغلال هذا التفاعل الذي يحدث طبيعيا في مستودعات القمامة لإنتاج الميثان بطاقة تصل إلى نحو 140 الفا من الأمتار المكعبة في اليوم.

وتتم الاستفادة من المخلفات الصلبة في الريف بطريقة مماثلة، فتجمع المخلفات النباتية مثل حطب القطن، وقش الأرز، وتخلط بنفايات الحيوانات، ثم يعرض هذا الخليط لفعل البكتيريا في آبار متوسطة العمق، ويستخدم غاز الميثان الناتج، الذي يسمى في هذه الحالة اسم «بيوجاز»، في عمليات التسخين وطهو الطعام.

وقد استخدمت هذه الطريقة في كثير من المناطق الريفية، كما في بعض قرى الصين وبعض قرى الريف في جمهورية مصر العربية.

كذلك يمكن التخلص من بعض المخلفات الصلبة الزراعية الأخرى مثل: أعواد نبات الذرة، وقش القمح، وبقايا درنات البطاطس عن طريق عمليات تخمير أخرى، وتحويلها إلى الكحول الأثيلي الذي يستعمل وقودا في كثير من الأغراض الأخرى.

وفي جميع العمليات السابقة يتم دفن البقايا المتخلفة في باطن الأرض، وهي تقل في الحجم كثيرا عن المخلفات الأصلية المستخدمة في بادئ الأمر.

وهناك طرائق أخرى تستخدم لتقليل حجم المخلفات الناتجة من المنازل. ففي بعض المدن يقوم سكانها باستخدام آلة خاصة لضغط هذه المخلفات قبل إلقائها، وتعرف هذه الآلة باسم «ضاغط القمامة» (Garbage Compactor).

وأهم ما يميز هذه الطريقة أنها تقلل من حجم مخلفات المنازل، وتحولها إلى كتلة صغيرة لا يزيد حجمها على ربع حجمها الأصلي، وبذلك يسهل نقل مخلفات المنازل، ولكن هذه العملية تؤدي إلى صعوبة تفكيك هذه الكتل فيما بعد لفصل مكوناتها المختلفة.

وقد ابتدع الإنسان طرائق سهلة لجمع المخلفات السائلة، فأقام لذلك شبكة من الأنابيب تحمل هذه المخلفات من المنازل إلى شبكة الصرف

الصحي في المدينة.

ولا توجد وسيلة مماثلة لجمع المخلفات الصلبة والقمامة، ولذلك يجب جمع هذه القمامة من منزل لآخر بواسطة بعض العمال التابعين لمجلس المدينة، أو التابعين للشركات التي تتولى هذا العمل. ومازالت عملية جمع القمامة في كل مكان تتم بطريقة يدوية كما كانت منذ عدة قرون، ولم تتطور هذه الطريقة كثيرا حتى الآن وإن كانت هناك حاليا سيارات خاصة محكمة الغلق تقوم بهذا العمل، ويزود بعضها بمكابس خاصة تضغط القمامة في حيز صغير، وبذلك تقلل من حجم هذه المخلفات، وتيسر نقل أكبر قدر منها في المرة الواحدة.

وتتكلف عمليات التخلص من النفايات كثيرا من الأموال، خصوصا في الدول المتقدمة صناعيا. ففي الولايات المتحدة مثلا يتكلف التخلص من المخلفات الصلبة ما بين 8 و 11 مليون دولار في كل ولاية من ولاياتها، ويتضمن هذا الرقم تكاليف النقل، والإحراق، وشراء الأرض التي تدفن فيها المخلفات.

التخلص من النفايات النووية: تعتبر النفايات النووية المشعة من أخطر المخلفات الناتجة من النشاط الآدمي في هذا القرن.

وتتجمع هذه المخلفات بشكل كبير في بعض الدول التي تستخدم المحطات النووية لتوليد الكهرباء، وكذلك في الدول التي يوجد فيها بعض الصناعات الحربية النووية.

وقد جمع بعض هذه النفايات النووية من المحطات النووية، ومن الصناعات الحربية في الولايات المتحدة منذ نحو 40 عاما، وصدر في شأنها تشريع خاص بسياسة التخلص من النفايات النووية (Nuclear waste Policy Act) في ديسمبر عام 1982، ويحدد هذا التشريع برنامجا زمنيا لتخزين هذه النفايات في أعماق الأرض، كما يحدد كمية النفايات التي تدفن في كل موقع، وطريقة الرقابة التي يجب أن تفرض بصفة دورية على هذه المواقع البعيدة عن العمران.

وهناك نوعان من النفايات النووية: نوع منها يتكون عند استخراج خامة اليورانيوم، وتركيزها لتحضير الوقود النووي، والنوع الآخر عبارة عن الوقود المستهلك، وبعض النفايات المشعة التي تنتج من المحطات النووية لتوليد

الكهرباء، ويقاس نشاط هذه النفايات بوحدة «الكوري» (Curie) وهي عبارة عن النشاط الإشعاعي الناتج من جرام واحد من عنصر الراديوم-226، وتعتبر النفايات خطرة إذا زاد نشاطها الإشعاعي على 100 كوري لكل لتر.

والنوع الأول من هذه النفايات، وهو الناتج عند استخراج خامة اليورانيوم وتحضير الوقود، يتكون بكميات كبيرة جدا، وقد تبلغ هذه النفايات نحو 86٪ من حجم الخامة المستخرجة من المنجم، ويصل حجمها إلى نحو 50000 متر مكعب لكل محطة نووية قدرتها 1000 ميجاوات كل سنة.

وتمثل هذه النفايات مشكلة كبرى. فعلى الرغم من ضعف الإشعاع الناتج منها والذي لا يزيد على 5 كواري لكل طن منها إلا أن احتواءها على عنصر الراديوم - 226 يجعل النشاط الإشعاعي لهذه النفايات يستمر لمدة 1600 سنة على وجه التقريب، ولم تحل بعد مشكلة هذه النفايات.

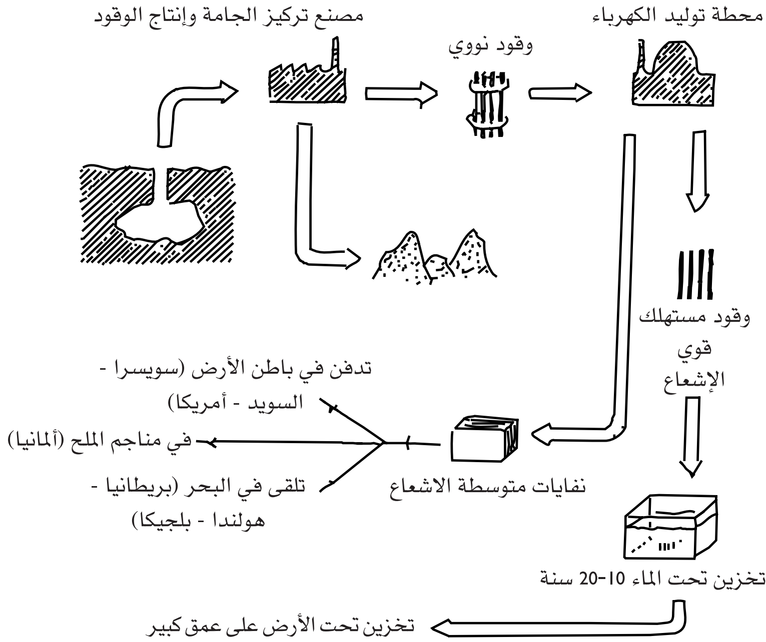
أما النوع الثاني من النفايات النووية فهو تلك النفايات التي تنتج من تشغيل المفاعلات الموجودة في المحطات النووية، وهي تنقسم بدورها إلى قسمين. نفايات ضعيفة أو متوسطة الإشعاع، وهي النفايات التي تحتوي على مواد تشع بيتا-جاما فقط، ونفايات قوية الإشعاع وهي تمثل الوقود المستهلك الناتج من المفاعل النووي.

وتوجد النفايات ضعيفة أو متوسطة الإشعاع على هيئة غاز، أو أيروسول، أو سوائل. وهي قد تنتج من تلوث دائرة التبريد أو ما شابه ذلك، وهذه لا تمثل خطرا كبيرا لأن حجمها صغير نسبيا ولا يزيد على 500 متر مكعب في السنة لكل محطة نووية قدرتها 1000 ميجاوات، كما أن إشعاعها لا يستمر أكثر من 500 سنة على أكثر تقدير.

وتدفن عادة هذه النفايات ضعيفة أو متوسطة الإشعاع، بعد تبريدها، في أماكن خاصة محاطة بالإسمنت في باطن الأرض. ففي سويسرا تدفن هذه النفايات في الطفل، وفي السويد تدفن في طبقات من صخور الجرانيت، وفي ألمانيا تدفن في أحد مناجم الفحم في «آس» (Asse)، بينما تقوم دول أخرى مثل: هولندا، وبلجيكا، وبريطانيا بإلقاء هذه النفايات في البحر على دفعات صغيرة، (مرجع رقم 54).

أما النفايات ذات النشاط الإشعاعي القوي مثل الوقود المستهلك فيتم غمرها في خزانات مليئة بالماء حتى تفقد حرارتها وبعض إشعاعاتها، ثم

تدفن بعد ذلك في باطن الأرض على عمق كبير، وفي مناطق بعيدة عن العمران، (شكل 15).



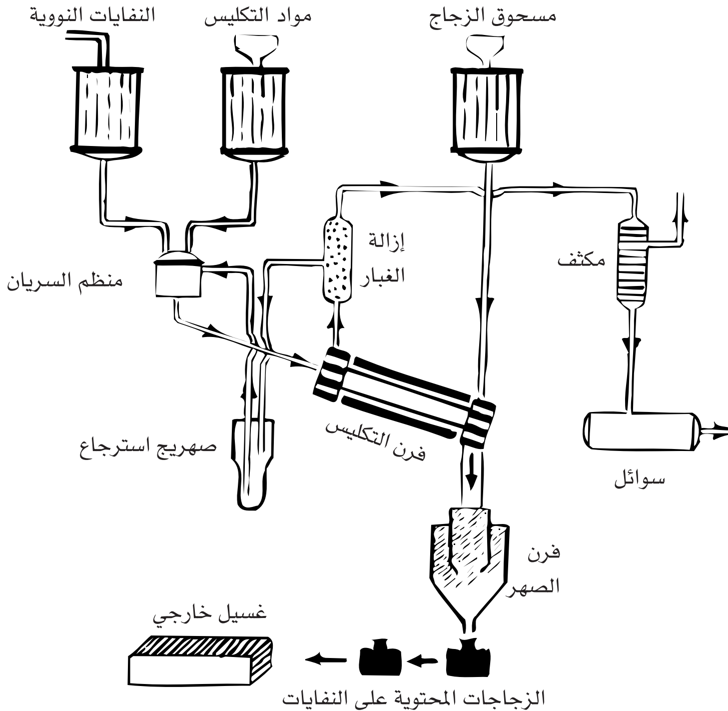
شكل (15)

التخلص من النفايات النووية بأنواعها المختلفة

وتقوم السويد بتخزين النفايات النووية ذات النشاط الإشعاعي القوي الناتجة من محطة «أوسكار شامن» (Oskarshamn) النووية في خزان صخري يقع على عمق 25 مترا، ويبلغ طوله 120 مترا، وعرضه 21 مترا، وارتفاعه 27 مترا، وتوجد في داخله قاعة منفصلة من الإسمنت مقسمة إلى أربعة أقسام، وتتسع لنحو 750 طنا من الوقود المستهلك، وبذلك يمكن استعمالها لدفن النفايات الواردة من كل أنحاء السويد، وبدأ استخدامها فعلا منذ عام 1985.

ونظرا لأن بقايا الوقود المستهلك تحتوي على اليورانيوم، والبلوتونيوم، وبعض الاكتينيدات مثل: الامريشيوم، والكيوريوم، والبنتونيوم، وهي عناصر مشعة تحتاج إلى وقت طويل جدا كي تفقد إشعاعاتها الضارة، فقد نشأت هناك فكرة لتخزين هذه النفايات ذات النشاط الإشعاعي القوي في مواد عازلة مثل الزجاج أو الخزف.

وقد تمت أولى هذه التجارب في «ماركول» (Marcoule) بفرنسا عام 1969، وتتلخص هذه الطريقة في خلط هذه النفايات مع مادة تكليس، ثم يدفع الخليط إلى فرن تكليس يدور حول محوره لإتمام خلط هذه المواد، ومنها يدفع الخليط إلى فرن صهر عند درجة حرارة عالية، حيث تختلط هذه النفايات تماما مع المادة الزجاجية.



شكل (16)

حفظ النفايات النووية في الزجاج أو الخزف

وتجرى عملية الصهر عادة عند 1205م، ثم يصب هذا الخليط المنصهر في أوعية من الصلب غير القابل للصدأ، ويترك ليبرد لمدة لا تقل عن 8 ساعات. وبعد أن تقفل هذه الأوعية بواسطة اللحام، والتي بلغ قطرها نحو 50 سنتيمترا، وارتفاعها نحو المتر، تغسل جيدا بالماء المضغوط لإزالة ما قد يعلق بسطحها الخارجي من تلوث، (شكل 16).

والزجاج المستعمل في تغليف هذه النفايات، والمستخدم حاليا في كل من فرنسا، وإنجلترا، من نوع زجاج البوروسليكات.

ويفيد هذا الأسلوب الجديد في مقاومة الحرارة الصادرة عن النفايات النووية، كما يقاوم الفعل الكيميائي لمختلف العوامل الخارجة المحيطة بهذه النفايات مثل: عوامل التآكل بواسطة المياه الجوفية أو بواسطة بعض مكونات التربة التي تدفن فيها هذه النفايات.

ويتم عادة دفن أوعية الصلب المحتوية على هذه النفايات في أعماق كبيرة تحت سطح الأرض كما وتفرض رقابه خاصة على هذه المواقع لأنها تبقى مصدرا للخطر لعدة مئات من السنين.

وتقع خطورة النظائر المشعة في أن بعضها يتركز في أماكن مختلفة من جسم الإنسان. فالكالسيوم والاسترنشيوم يختزنان في عظام الجسم، ويتركز اليود المشع في الغدة الدرقية، بينما تذهب نظائر النحاس والزرنيخ إلى مخ الإنسان.

18 المخلفات السائلة وطرائق التخلص منها

يتم التخلص من المخلفات السائلة في المدن الحديثة عن طريق مجموعة من الأنابيب تمتد تحت أرض المدينة، وتكون فيما بينها ما يعرف باسم شبكة الصرف الصحي. وقد عرفت هذه الطريقة منذ زمن قديم، واستخدمت أنظمة مشابهة لها في كل من روما، والهند، ولكن هذه الأنظمة لم تستخدم إلا في صرف مياه الأمطار ومياه المستنقعات.

مياه الصرف الصحي: لم تعرف شبكة الصرف الصحي الحديثة إلا في نهاية القرن التاسع عشر، فقد كانت مخلفات الصرف والفضلات الآدمية في أوروبا تلقى من المنازل في مجار مفتوحة غير مغطاة، وتجري فيها على جوانب الطرق والشوارع، وكانت القمامة تلقى من النوافذ في كل مكان، ولهذا فإن أغلب المدن في ذلك الحين كانت تتصف بقذارتها الشديدة، وكانت تنتشر فيها الأمراض والأوبئة.

وقد تطورت عملية صرف المخلفات السائلة بعد ذلك، فاستخدم أولا نظام «البيارات»، ويتضمن هذا الأسلوب حفر آبار متوسطة العمق ومغطاة بجوار

المنازل تلقى فيها هذه المخلفات، وعندما تمتلئ هذه الآبار، يتم تفريغها في عربات خاصة تقوم بنقل هذه المخلفات خارج المدينة، ودفنها في الأرض بعيدا عن العمران.

وفي بعض الأحيان كانت هذه الفضلات تستعمل في تسميد الأرض الزراعية، ولكن ذلك كان يؤدي إلى تلوث المنطقة المحيطة بهذه الأرض لاحتواء هذه المخلفات على أنواع متعددة من الشوائب، والجراثيم الضارة بصحة الإنسان.

ولا تعتبر طريقة البيارات طريقة سليمة للتخلص من مخلفات الصرف الصحي، فالبيارة التي تكفي لاستيعاب مياه الصرف لمنزل يتكون من ثلاث غرف، ولا يزيد عدد سكانه على خمسة أو ستة أفراد، تلوث محتوياتها مساحة قدرها 300 متر مربع من التربة المسامية المحيطة بها خلال ساعة واحدة.

وهناك احتمال بأن تتسرب المياه الموجودة في هذه البيارات والمحملة بالجراثيم خلال الطبقات المسامية للتربة، وتصل إلى المياه الجوفية، فتلوثها وتمنع بذلك استخدامها في الشرب أو في بعض العمليات الصناعية.

وما زال بعض مدن العالم الثالث تستعمل نظام البيارات في صرف مخلفاتها حتى الآن، وهناك من يقيسون تقدم الدول بالمدى الذي ينتشر فيه نظام شبكات الصرف الصحي في مدتها.

ويتوقف حجم شبكة الصرف الصحي اللازمة لكل مدينة على عدة عوامل أهمها: حجم هذه المدينة، وعدد سكانها، وكذلك أنواع النشاطات المختلفة التي تدور بها، وذلك لأن هذه الشبكة تقوم بنقل جميع المخلفات السائلة للمنازل والمحال التجارية، كما تنقل بعض مخلفات المحال الصناعية الصغيرة الموجودة في المدينة وضواحيها.

ولا يتم التخلص من هذه المخلفات وهي في حالتها الطبيعية، ولكنها تعالج بطرائق خاصة قبل إلقائها لإزالة جزء كبير مما فيها من عوامل التلوث، ثم تلقى بعد ذلك إما في المجاري المائية مثل الأنهار والبحيرات والبحار، وإما في الأراضي المسامية بعيدا ضن المدن وعن العمران.

وعادة ما يتم الفصل بين مياه الأمطار وبقية مياه الصرف الأخرى، وذلك لأن مياه الأمطار عادة ما تكون خالية من التلوث، ولا توجد هناك

حاجة حقيقية لمعالجتها. ويقلل هذا الفصل من حجم المياه المراد معالجتها، ويوفر بذلك كثيرا من التكاليف.

ويتم هذا الفصل عادة في كل نظم الصرف الصحي الحديثة خصوصا في المدن التي تسقط عليها الأمطار فترة طويلة من العام، والتي تبلغ فيها مياه الأمطار حدا هائلا عند حدوث العواصف والأعاصير، ولهذا تعد مجار خاصة لهذه المياه بعيدا عن مجاري مياه الصرف الصحي، ثم تعود لتلتقي بها بعد أن تتم معالجة هذه المياه الأخيرة للتخلص منهما معا.

وهناك أنظمة متقدمة من أنظمة الصرف الصحي يتم فيها الفصل بين بعض مكونات الصرف الصحي للمدن، فتفصل فيها المياه الواردة من دورات مياه المنازل، وتعرف عادة باسم «المياه السوداء» (Black Water)، عن المياه الواردة من أوجه النشاط الأخرى للمدينة وتعرف باسم «المياه الرمادية» (Grey Water).

وتتحصر فائدة هذه الطريقة في تقليل تكاليف المعالجة المطلوبة لمياه الصرف الصحي، وذلك لأن حجم المياه الرمادية يزيد كثيرا على حجم المياه السوداء، كما أنها لا تحتوي على كثير من الشوائب الضارة، ولا تحتاج بذلك إلا لقليل من خطوات المعالجة.

وعند حدوث العواصف الممطرة تترك مياه الأمطار لتختلط بالمياه الرمادية لمجابهة الزيادة الهائلة في حجم مياه الأمطار الناتجة من هذه العواصف، ويمكن عندئذ صرف هذه المياه المختلطة إلى المجاري المائية مباشرة دون معالجتها، وذلك لأن مياه الأمطار الغزيرة ستخفف كثيرا من تركيز بعض العناصر الضارة التي قد توجد في المياه الرمادية، وينتفي بذلك خطرها على الأنهار والبحيرات.

أما المياه السوداء التي تم فصلها من قبل عن المياه الرمادية فتدفع إلى محطات خاصة لمعالجتها قبل التخلص منها.

وتقوم محطات المعالجة بإزالة الفضلات والمواد العالقة بالمياه السوداء، ويتم تخليص هذه المياه من أغلب الشوائب الكيميائية والبيولوجية التي تضر بصحة الإنسان، أو تخل بالنظام المتوازن للبيئة، كما تتم إزالة ما في هذه المياه من لون أو رائحة، مع التقليل إلى أقصى حد ممكن مما فيها من مركبات الفوسفات والنترات قبل إلقائها في الأنهار أو البحيرات.

وتتوقف طريقة المعالجة على طبيعة المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي، ويجب الاهتمام الشديد بهذه العملية لأن المياه التي تلقى في الأنهار، أو في البحيرات قد تصبح جزءا من مياه الشرب فيما بعد.

وتتضمن طريقة معالجة مياه الصرف الصحي عدة خطوات تعرف باسم المعالجة الأولية، والمعالجة الثنائية، والمعالجة الثلاثية.

وتتلخص المعالجة الأولية في إزالة أغلب المواد الطافية والعالقة بمياه الصرف الصحي مثل: قطع الخشب، والورق، والفضلات الأخرى، وكذلك إزالة ما قد يكون فيها من زيوت، أو شحوم، أو رواسب أخرى.

ويتم ذلك عادة بإمرار مياه الصرف على مجموعة من صهاريج الترسيب والمرشحات، وتكفي هذه الطريقة لإزالة نحو 60٪ من المواد العالقة بمياه الصرف الصحي في مدة لا تزيد على ثلاث ساعات.

ويكتفي كثير من الدول بهذه المعالجة الأولية لمياه الصرف الصحي، وذلك للتقليل من تكلفة عمليات التنقية، وخصوصا أن كلا من المعالجة الثنائية والثلاثية تحتاج إلى وقت أطول، وترفع كثيرا من تكاليف هذه التنقية.

ويمكن تطهير المياه الناتجة من المعالجة الأولية بإضافة قدر مناسب من الكلور، ثم تلقى هذه المياه بعد ذلك إما في البحر وإما في أي مجرى مائي آخر قريب من المدينة.

وتتم المعالجة الثنائية لمياه الصرف الصحي بإجراء خطوة أخرى تلي خطوة المعالجة الأولية. وتتلخص هذه الخطوة الثانية في دفع المياه الناتجة من المعالجة الأولية إلى صهاريج تهوية، ويتم فيها خلط المياه بنوع من البكتيريا يقوم بأكسدة المواد العضوية الذائبة في هذه المياه.

وتعرف هذه العملية بعملية الأكسدة البيولوجية، وتمر فيها المياه الناتجة من المعالجة الأولية في رشاشات خاصة تدور فوق سطح صهاريج التهوية لخلطها جيدا بأكسجين الهواء، ثم تمر المياه بعد ذلك في طبقة من الصخور المجروشة أو الزلط المتقارب في الحجم، وهناك تقوم البكتيريا بمساعدة الأكسجين الذائب في المياه بأكسدة جزيئات المواد العضوية المتبقية في مياه الصرف، وتحولها إلى مواد أخرى أبسط في التركيب، وأقل ضررا على صحة الإنسان.

ولا تستعمل طريقة المعالجة الثلاثية إلا في الحالات التي يكون فيها

احتياج لاستخدام هذه المياه لأغراض الشرب.

وتتلخص المعالجة الثلاثية في إجراء خطوة ثالثة بعد المعالجة الأولية والمعالجة الثنائية، وتعالج فيها المياه الناتجة من المعالجة الثنائية بطرائق كيميائية خاصة للتخلص من المكونات غير المرغوب فيها، والتي لم تتأثر بالمعالجة الثنائية.

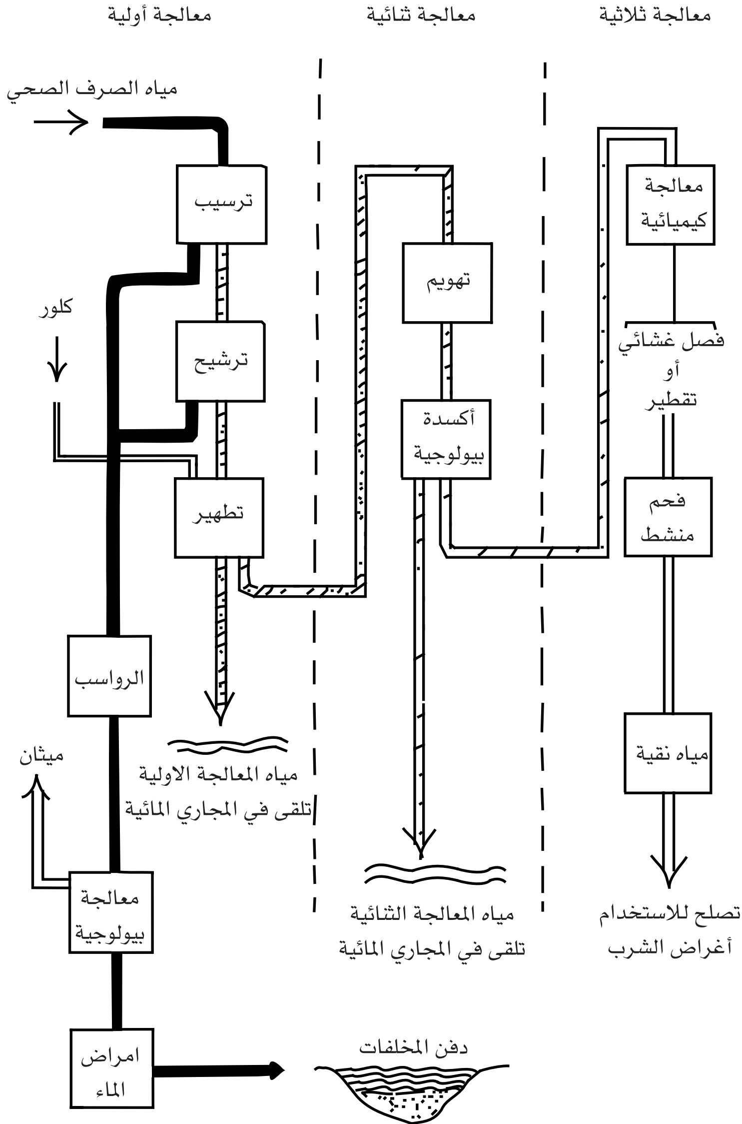
وتتوقف طريقة المعالجة الكيميائية على نوع المركبات الموجودة في المياه الناتجة من المعالجة الثنائية، وعلى تركيز كل منها، وقد يستعمل الكربون المنشط في فرز بعض هذه المركبات، وقد يتم التخلص من بعضها الأخر بطريقة الفصل الغشائي أو بطريقة التقطير.

كذلك تتضمن المعالجة الثلاثية إزالة بعض أيونات الفلزات الثقيلة التي قد توجد في هذه المياه مثل: أيونات الزئبق، أو الرصاص، تلافيا لآثارها السامة وضررها البالغ على صحة الإنسان.

أما الرواسب التي تتبقى بعد عمليات الترشيح والمعالجة فتدفع إلى صهاريج أخرى، وتخضع لنوع من المعالجة البيولوجية تقوم فيها البكتيريا بالتخلص من كثير من المواد العضوية خلال نحو عشرين يوما، ويتكون في هذه العملية غاز الميثان الذي يستعمل كوقود، وما يتبقى من هذه الرواسب بعد ذلك يمكن استخدامه كسماد، أو يمكن إحراقه أو دفنه في باطن الأرض، (شكل 17).

وتستعمل هذه الطرق لمعالجة مياه الصرف الصحي في الأنظمة التي لا تفرق بين المياه السوداء والمياه الرمادية، أما في الأنظمة التي تفصل بين هذين النوعين من المياه فتجرى هذه المعالجات على المياه السوداء فقط، بينما تعالج المياه الرمادية بطرائق أخرى تعتمد على نوع المكونات الداخلة في تركيبها.

مياه الصرف الصناعية: يساهم كثير من الصناعات مثل: صناعة التعدين، والورق، والنسيج، والصباغة وغيرها في إنتاج قدر كبير من المخلفات، ويزداد حجم هذه المخلفات كثيرا في الدول الصناعية الكبرى. ففي الولايات المتحدة، مثلا، تبلغ مخلفات الصناعة بها نحو 380 مليونا من الأطنان في العام، ويتكون جزء كبير منها من المخلفات السائلة التي تسبب كثيرا من الأخطار.



(شكل 17)

تنقية مياه الصرف الصحي

ولا توجد وسيلة مثالية للتخلص من مياه الصرف الصناعية يمكن اتباعها في جميع الحالات، وذلك لأن محتويات هذه المياه تختلف من صناعة إلى أخرى.

وعندما تخلو هذه المياه من المواد السامة أو الضارة فإنه يمكن إلقاؤها مباشرة في المجاري المائية دون الحاجة إلى معالجتها، ومن أمثلة ذلك: المياه المستخدمة في تبريد الأجهزة الصناعية، وهي مياه لا تحتوي إلا على قدر صغير من الشوائب، ولا يخشى منها في إحداث تلوث بالمجاري المائية.

وتمثل الأمثلة السابقة حالات خاصة، ولذلك فإن الأمر يحتاج دائما إلى معالجة مياه الصرف الصناعي لاحتوائها على عديد من المواد الكيميائية الضارة بالبيئة وبصحة الإنسان، كما أن بعض هذه المواد قد يسبب تآكلا شديدا لشبكة الصرف، وقد يدمر هذه الشبكة تماما.

ولا يمكن حصر أعداد المواد الكيميائية التي قد توجد في مياه صرف المصانع الكيميائية، فهناك نحو 35000 مادة كيميائية يمكن اعتبارها من المواد الضارة بالصحة العامة بشكل أو بآخر، فمنها ما هو شديد السمية، ومنها ما يمثل خطورة كبيرة على الأطفال، وعلى السيدات الحوامل، ومنها ما يسبب السرطان، وكثير منها لا تظهر آثاره الضارة إلا بعد فترة من الزمان.

وهناك أنواع أخرى من المواد الكيميائية التي قد تسبب الحساسية أو الإصابة بالالتهابات الجلدية، منها ما هو سريع الالتهاب، ويسبب اشتعال النيران ونشوب الحرائق، ومنها ما هو شديد الانفجار.

ويتبين من ذلك صعوبة التخلص من هذا التنوع الهائل في المواد التي قد توجد في مخلفات الصرف الصناعي، ولذلك لا يمكن إجراء عمليات المعالجة بشكل إجمالي في نهاية خطوط الصرف، ولكن يجب أن تجرى عمليات المعالجة محليا، أي أن يقوم كل مصنع بمعالجة مخلفاته، فهو الأقدر على معرفة المواد التي تحتوي عليها مياه صرفه الخاصة. ومع ذلك يجب أن تكون هناك رقابة شديدة على هذه العمليات، وتفتيش دوري للتأكد من إجرائها بالشكل المطلوب.

وهناك بعض المصانع التي تلقي ببعض مخلفاتها السائلة في بعض الآبار العميقة، أو في بعض التكوينات الصخرية في باطن الأرض، ولكن

هذه الطريقة غير سليمة، وقد يتأخر مفعول المواد الضارة مدة من الزمان، ولكنها قد تصل بعد مدة إلى المياه الجوفية، وتسبب تلوث الأنهار والبحيرات في نهاية الأمر.

وهناك من يعتقد أنه لو وضعت مثل هذه المواد السامة في عبوات خاصة من الصلب فسوف يقضي ذلك على ضررها بالنسبة للمياه الجوفية عند دفن هذه العبوات في باطن الأرض، ولكن ذلك لا يعتبر حلا نهائيا للتخلص من مثل هذه المخلفات الصناعية. فمهما طال الزمن فسوف تتآكل هذه العبوات، وتصل محتوياتها إلى التربة المحيطة بها، وإلى ما بها من مياه جوفية.

وقد لوحظت ظاهرة تلوث المياه الجوفية في بعض مناطق الولايات المتحدة التي يكثر بها بعض الصناعات الكيميائية التي تلقي بمخلفاتها ومياه صرفها في بعض الآبار، أو تضعها في عبوات خاصة وتدفنها في باطن الأرض، وتبين أن المياه الجوفية في هذه المناطق ظهر بها تركيز طفيف من بعض المواد السامة.

وربما كانت أشد المخلفات خطورة بعض المخلفات ومياه الصرف الصناعي التي تتخلف عن تصنيع أنواع خاصة من المواد الكيميائية التي تستخدم في الحرب الكيميائية.

وقد تدعو الحاجة في بعض الحالات إلى التخلص من بعض هذه المواد إما لوجود فائض منها وإما نتيجة ابتكار أنواع جديدة ومتطورة من هذه المواد والسوائل الكيميائية.

ومثال ذلك أن الولايات المتحدة أرادت يوما أن تتخلص من بعض هذه المواد الكيميائية، فقامت بوضعها في أسطوانات من الصلب، ثم نقلتها في قطار خاص تحت حراسة مشددة إلى شاطئ المحيط، وهناك تم إنزال هذه الأسطوانات إلى قاع المحيط بعيدا عن الشاطئ، وبعيدا عن الطرق الملاحية.

وقد قيل يومها إن هذه الطريقة أقرب ما تكون إلى التخزين منها إلى التخلص من هذه المواد السامة، وتساءل الناس إلى متى ستتحمل هذه الأسطوانات فعل الكيميائيات من الداخل، وفعل مياه المحيط من الخارج، وماذا سيحدث إذا امتزجت هذه المواد بالماء !

ولا توجد حاليا طريقة مثالية للتخلص من هذه المخلفات السامة، ولهذا

نجد أن بعض الدول تعبئ هذه المخلفات في براميل، وتشحنها على سفن خاصة تجوب بها البحار لإلقائها أمام سواحل بعض الدول الأفريقية أو الآسيوية، وهو عمل لا إنساني يتصف بالأنانية الشديدة، ومن الطبيعي أن تلوث سواحل هذه البلدان سيكون شديدا، ومن المؤكد أيضا أن جزءا من هذا التلوث سيصل إلى الدول التي ألقت هذه المواد عن طريق البحار المفتوحة.

وهناك دراسات متعددة تتعلق بابتكار طرائق جديدة للتخلص من-هذه النفايات الصناعية السامة مثل: وضعها في عبوات خاصة، ودفنها في آبار خاصة، أو مغارات في باطن الأرض بعد تبطين جدرانها بمواد خاصة تمنع تسرب هذه المواد والسوائل مستقبلا، وتمنع كذلك تسرب مياه الأمطار إلى هذه الآبار.

وهناك من يرون أن حقن هذه المخلفات السائلة على عمق كبير في باطن الأرض يصل إلى نحو 900 متر أو أكثر، قد يكون حلا مناسبا للتخلص من هذه المخلفات، ويفضل أن يتم هذا الحقن في الطبقات المسامية لباطن الأرض لمنع تجمعها وللسماح بانتشارها على هذا العمق، وبذلك يقل تركيزها، وتكون بعيدة تماما عن المياه الجوفية.

ولا يمكننا الحكم الآن على مصير هذه المواد التي دفنت بهذا الأسلوب، ولا بد من الانتظار مدة طويلة حتى يمكن الحكم على صلاحية هذه الطريقة.

19 الضوضاء

الضوضاء عنصر مستحدث من عناصر تلوث البيئة، وهولا يوجد منتشرا في كل مكان، ولكنه يتركز بصفة خاصة في المناطق الصناعية، وفي مناطق التجمعات السكنية التي تزدحم فيها المباني وتكتظ بالسكان.

وتتعدد مصادر الضجيج الذي نعاني منه في المدن الكبيرة، وأحد الأسباب الرئيسة لهذا الضجيج هو الأصوات الصادرة عن عشرات الألوف من السيارات ووسائل النقل الأخرى التي تجري في طرقات هذه المدن، والتي لا تنقطع ليلا أو نهارا، ويضاف إلى هذا الضجيج نهارا كثير من أنواع الضوضاء الأخرى مثل: الأصوات الصادرة من آلات الحفر، وبعض الآلات الأخرى المستخدمة في أعمال البناء والتشييد، وكذلك الضوضاء الصادرة عن مختلف المحال التجارية والمحال الصناعية الصغيرة مثل: ورش النجارة، والمسابك، ومحال إصلاح السيارات وما إليها.

ويتداخل مع كل هذه الضوضاء خليط من الأصوات العالية الصادرة عن أجهزة المذياع والتلفاز، وأجهزة التسجيل المنتشرة اليوم في المحال التجارية، وفى المنازل والمقاهي، وفي كل مكان.

وعلى الرغم من أن هذه الضوضاء تتسبب في إثارة أعصاب كثير من الناس، وتصيب كثيرين من سكان المدن الكبيرة بالإرهاق، إلا أن أغلب الناس لا يدركون تماما الأضرار الناتجة من استمرار تعرضهم لهذه الضوضاء والأصوات العالية، وهم قد يخافون على صحتهم من تلوث الماء، وقد يحسون بتلوث الهواء، ولكنهم لا يلقون بالا إلى الضجيج والضوضاء اللذين يحيطان بهم.

وتختلف الضوضاء عن غيرها من عوامل تلوث البيئة من عدة نواح، أهمها:

أولا: أن الضوضاء متعددة المصادر، وتوجد في كل مكان، ولا يسهل السيطرة عليها كما في حالة العوامل الأخرى التي تلوث الماء أو الهواء. ففي هذه الحالات الأخيرة إذا كان التلوث ناتجا مثلا من مخلفات أحد المصانع أغلقنا هذا المصنع، أو أزلنا عوامل التلوث الناتجة منه، وينتهي الأمر عند هذا الحد. أما في حالة الضوضاء فهي توجد في كل مكان: في المنزل، وفي المدرسة، وفي الشارع، وتصل إلينا في المكاتب وفي حجرات النوم دون أن نعرف مصدرها الحقيقي على وجه الدقة.

ثانيا: ينقطع أثر الضوضاء بمجرد توقفها، أي أنها لا تترك خلفها أثرا واضحا في البيئة، ولا يتبقى منها شيء حولنا، وبذلك فإن أثر الضوضاء أثر وقتي ينتهي بانقطاعها.

ثالثا: تختلف الضوضاء عن غيرها من عوامل التلوث في أنها محلية إلى حد كبير، بمعنى أننا لا نحس بها إلا بجوار مصدرها فقط، ولا تنتشر آثارها أو ينتقل مفعولها من مكان لآخر كما في حالة تلوث الهواء، أو تلوث الماء الذي قد ينتقل من منطقة إلى أخرى، أو من دولة إلى أخرى.

وتعتبر الضوضاء الصادرة عن آلات المصانع أثناء تشغيلها من أشد أنواع الضوضاء التي قد يتعرض لها الإنسان.

وهناك كثير من المحاولات التي تهدف إلى تخفيض حدة هذه الضوضاء التي يتعرض لها عمال الصناعة، خصوصا بعد أن تبين أن كثيرا من العمال والمهنيين قد تأثر سمعهم نتيجة تعرضهم يوميا لمثل هذه الضوضاء.

ويمكن خفض حدة الضوضاء الصادرة عن أغلب الآلات بطرائق متعددة، وذلك إما بالتحكم في الآلة نفسها، وذلك بتعديل طريقة عملها، أو بإضافة

بعض الأجزاء الجديدة لها التي قد تمتص بعض الضجيج الصادر عنها، وإما بالتحكم في طبيعة الوسط الذي يفصل هذه الآلات عن آذان العمال المحيطين بها.

ويمكن التحكم في هذه الضوضاء بوضع حواجز من نوع خاص على زوايا معينة حول هذه الآلات، أو بوضع بعض المواد العازلة للصوت على جدران المكان حتى تساعد على امتصاص جزء من ضجيج هذه الآلات.

ولا شك أن أيسر الطرائق وأفضلها للتخلص من ضوضاء الآلات هي أن يحمي المستقبل نفسه بطريقة مباشرة، فيضع على أذنيه نوعا خاصا من السدادات يحميهما من هذه الضوضاء.

وينحصر هذا النوع من الضوضاء عادة داخل جدران المصانع، ولا يصل ضجيج هذه الآلات إلى خارج هذه المنشآت إلا في حدود ضيقة جدا، ولذلك لا يتأثر بهذه الضوضاء إلا العاملون بهذه المؤسسات.

ويعتبر الضجيج الناتج من أعمال البناء والتشييد من أكثر أنواع الضوضاء انتشارا، ونظرا لأن أغلب أعمال البناء والإنشاء تجرى عادة في الشوارع والطرقات، ووسط المناطق التجارية والسكنية، فإن عدد من يتأثرون بهذه الضوضاء يزيد كثيرا على عدد من يتأثرون بضوضاء الآلات.

وتتراوح الضوضاء الناتجة من هذه الأعمال بين أصوات آلات الحفر وضجيج البلدوزرات، والجرارات، وخلاطات الإسمنت، وأصوات المطارق وغيرها، ويتعرض لهذه الضوضاء سكان المنازل وموظفي المكاتب المحيطة بها، وكذلك رواد المتاجر التي تقع حول أماكن هذه الإنشاءات.

ويفيد بعض الإحصائيات الأمريكية أن عدد من يتأثرون بهذه الضوضاء، الصادرة عن أعمال البناء، يصل إلى نحو15 ٪ من سكان الولايات المتحدة، وتشمل هذه النسبة عمال الإنشاءات الذين يعملون في هذه المواقع، بالإضافة إلى الأشخاص الآخرين الذين يعيشون بجوار هذه الأماكن.

وتبين هذه الإحصائية كذلك أن عدد الأفراد الذين يمرون كل عام أمام هذه المواقع التي يجري العمل بها، ويتعرضون، ولو مؤقتا، للضوضاء الصادرة عنها قد يصل عددهم إلى نحو 24 مليونا من الأشخاص.

كذلك أشارت هذه الإحصائية إلى أن الضوضاء الصادرة عن أعمال الإنشاء والبناء تصل عادة إلى فصول المدارس، وإلى مكاتب العمل، وإلى

حجرات المنازل والمكتبات العامة، وقد تؤدي إلى خفض كفاءة التخاطب والاتصال بين الأفراد بما يقرب من 300 مليون رجل / ساعة في الأسبوع.

وقد قصد من قام بهذه الإحصائية أن يدلل على خطورة الضوضاء الصادرة عن قطاع البناء والتشييد، ومدى تأثيرها في كفاءة العمل.

وهناك نوع آخر من الضوضاء التي تعلو جو المدينة ولا يستطيع أحد أن يتعرف على مصدرها، ويعرف هذا النوع من الضوضاء باسم «الضوضاء السائدة، أو ضوضاء الخلفية» (Background Noise or Ambient Noise)، وهي تشمل كل أنواع الأصوات والضجيج التي تصل إلينا ونحن في منازلنا، أو في مكاتبنا، وتتكون من الأصوات الصادرة عن الشوارع وعن طرقات المدينة، وعن محركات الطائرات النفاثة، ومترو الأنفاق، ومن أصوات الباعة الجوالين، أو الأطفال الذين يمرحون ويلعبون في أفنية المدارس، وعن الأصوات الصادرة عن أجهزة المذياع والتلفاز، إلى غير ذلك من الأصوات غير المحددة والتي تفقد شخصيتها تماما عندما تمتزج معا، ويتكون منها هدير متصل تختلف شدته من مكان لآخر.

وتتوقف نوعية هذه الأصوات وشدتها على المكان الذي يسكن فيه الإنسان، فمن المعتاد أن تقل ضوضاء الخلفية كثيرا في الريف، أو في الأحياء الغنية من المدينة التي تتصف عادة بالهدوء، بينما تزداد هذه الضوضاء كثيرا في الأحياء الفقيرة المزدحمة بالسكان.

ومن الطبيعي أن تقل ضوضاء الخلفية كثيرا في المناطق الريفية لعدة أسباب أهمها: قلة عدد السكان، وعدم تنوع النشاط الآدمي فيها كما في المدن.

وقد يعتاد الإنسان ضوضاء الخلفية بمرور الوقت، وقد لا يلحظها سكان المدينة الذين تعودوها، ولكن ذلك لا يقلل من حدة هذه الضوضاء. فهي موجودة على الدوام في خلفية الأصوات الأخرى التي يستمع إليها الإنسان، وتصل إلى أذنيه باستمرار.

ولعل أكبر دليل على حدة ضوضاء الخلفية أن الإنسان لا يسمع كثيرا من الأصوات التي تحدث في منزله أثناء النهار، ولكنه يحس بكل همسة وبكل حركة أثناء الليل، مهما كانت ضآلتها، وذلك لعدم وجود ضوضاء الخلفية أثناء الليل.

وتعتبر الأصوات الصادرة عن السيارات، والشاحنات، ووسائل النقل الأخرى في المدن من أهم مصادر الضوضاء السائدة، أو ضوضاء الخلفية التي تحيط بسكان المدن.

وتزداد حدة مشكلة هذا النوع من الضوضاء يوما بعد يوم، بسبب الاعتماد المتزايد على السيارات في عمليات النقل، وقد ترتب على ذلك أن أصبحت ضوضاء الخلفية اليوم أكثر ارتفاعا مما مضى، خصوصا في المدن الكبيرة المكتظة بالسكان، وامتد أثر هذه الضوضاء إلى بعض ساعات الليل بالإضافة إلى كل ساعات النهار.

ولا يشعر بقسوة هذه الضوضاء الصادرة عن السيارات إلا من يسكنون وسط المدينة، وتطل مساكنهم على شوارعها الرئيسة، أو تقع على جوانب الطرق السريعة. ومن المدهش أن كثيرا من الكباري (الجسور) العلوية التي أنشئت في المدن قد جعلت هذه الضوضاء أكثر قربا حتى من سكان الأدوار العليا في المنازل المطلة على هذه الطرق.

وتبلغ شدة الضجيج الصادر عن حركة المرور على هذه الكباري أو في الطرق الرئيسة نفس شدة الضجيج الصادر عن آلات المصانع أن لم يكن أكثر منه شدة في بعض الأحيان.

ومما يؤسف له كثيرا أن هذه الضوضاء قد امتدت اليوم إلى بعض مناطق الضواحي وبعض المناطق الريفية، خصوصا تلك المناطق المجاورة للطرق السريعة التي تزداد عليها حركة النقل يوما بعد يوم.

وتزداد أعداد السيارات الخاصة والشاحنات في العالم عاما بعد عام، فمن المقدر أن عدد السيارات كان يبلغ نحو 100 مليون سيارة خلال عام 1960، ثم ارتفع هذا الرقم بعد ذلك إلى 200 مليون سيارة عام 1970، وتخطى الثلاثمائة مليون سيارة هذه الأيام. ولا شك أن هذه الزيادة الهائلة في أعداد السيارات قد أدت إلى زيادة مماثلة في الضوضاء في داخل المدن، وفي المناطق المحيطة بطرق النقل السريع.

ومن الطبيعي أنه لا يمكن الاستثناء عن السيارة كوسيلة من وسائل النقل والمواصلات، ولذلك تجب إعادة النظر في طريقة تشغيلها، وابتكار أساليب جديدة تقلل من التلوث الناتج منها، سواء كان ذلك عن طريق غازات العادم الصادرة عنها، أو بسبب الضوضاء الناتجة من تشغيل

محركاتها، وربما كانت السيارة التي تسير بواسطة البطاريات الكهربائية أحد الحلول المقترحة لحل هذه المشكلة.

وهناك حلول أخرى لمشكلة الضوضاء منها: إعادة تخطيط المدن وما فيها من طرق، وإقامة حواجز خاصة لامتصاص الضوضاء العالية، أو إقامة مبان من نوع خاص تكون منيعة من الضوضاء، إلى غير ذلك من الحلول الأخرى التي قد تصلح لمجابهة هذه المشكلة.

كذلك تعتبر الأصوات الصادرة عن محركات الطائرات النفاثة، أثناء صعودها وهبوطها في المطارات، من أشد أنواع الضوضاء التي تصل إلى سكان ضواحي المدن، وذلك لأن أغلب الموانئ الجوية والمطارات تقام على أطراف المدن، أو في أماكن قريبة منها.

وقد تصل الضوضاء الصادرة عن هذه الطائرات إلى كل سكان المدينة، أو إلى بعض سكان المناطق الريفية الهادئة إذا كان الممر الجوي المخصص للطيران المدني يمر في أجوائها.

ونظرا لزيادة الاعتماد على النقل الجوي فإن هناك حاجة متزايدة إلى إنشاء مزيد من هذه الموانئ الجوية، والى زيادة رقعة الموجود منها وإنشاء مهابط جديدة خاصة بها.

ويقابل ذلك الاحتياج الشديد إلى إنشاء أعداد جديدة من المباني والمساكن لمقابلة الضغط الناشئ عن زيادة أعداد سكان المدن.

وقد ترتب على ذلك أن امتدت هذه المساكن الجديدة في كل اتجاه، ووصل كثير منها إلى حدود المطارات، وبذلك أصبح كثير من هذه المباني داخل نطاق الموانئ الجوية والمطارات، وأصبحت معرضة للضوضاء العالية لمحركات النفاثات التي لا تنقطع حركتها ليلا أو نهارا.

وقد فطن بعض شركات الطيران إلى شدة الضوضاء الصادرة عن محركات الطائرات ومدى الإزعاج الناتج منها حتى بالنسبة لركاب هذه الطائرات.

وهناك حاليا بحوث كثيرة تتعلق بصناعة محركات قليلة الضوضاء.

وتشترك منازلنا الحديثة في إصدار كثير من الضجيج والضوضاء، خصوصا بعد أن أخذ الجميع بأساليب الحياة العصرية الحديثة، وأصبحت أجهزة التكييف والخلاطات، وآلات الغسيل والتجفيف، والمبردات، وأجهزة

التسجيل والمذياع والتلفاز منتشرة في كل منزل اليوم، وهي أجهزة تعتبر اليوم من أهم مصادر الضوضاء المنزلية.

وتقاس شدة الضوضاء بوحدة خاصة تعرف باسم «دسيبل»(*) (Decibel)، ويبدأ هذا المقياس من الصفر حيث تكون الأصوات شديدة الخفوت إلى 135، حيث تكون الأصوات مسببة للألم.

وتقسم الأصوات عادة إلى عدة درجات هي: أصوات مسموعة-أصوات هادئة جدا-أصوات هادئة-أصوات متوسطة الارتفاع-أصوات مرتفعة جدا-أصوات مزعجة، وهذه الأصوات الأخيرة هي الأصوات المسببة للألم عندما تصل شدتها إلى 130 دسيبل.

ويبين الجدول التالي بعض مصادر الضوضاء التي نعرفها ونقابلها كل يوم مثل: بعض الأجهزة المنزلية ذات الأصوات العالية، والضجيج الناتج من حركة المرور في الشوارع، والفرق الموسيقية التي تستخدم مكبرات الصوت، مع بيان شدة الضوضاء الصادرة عن كل منها.

ويتضح من الجدول التالي أن كثيرا من التجهيزات الحديثة المستخدمة في المنازل تصدر عنها أصوات عالية تدخل في نطاق الضوضاء المرتفعة جدا، ولهذا يجب استخدام هذه الآلات في أوقات مناسبة حرصا على راحة الآخرين.

كذلك يتبين لنا من هذا الجدول أن الفرق الموسيقية الحديثة تسبب كثيرا من الضوضاء التي تصل إلى حد الإزعاج، ومع أن ضرر مثل هذه الأصوات العالية لا يكون عاما لأن أغلب هذه الفرق تعزف في المعتاد في أماكن مغلقة، إلا أن وقع هذه الأصوات على من يرتادون هذه الأماكن يكون شديدا جدا.

ويمكن القول إن الحركات الراقصة، التي يقوم بها من يرقصون على هذه الأصوات الموسيقية العالية، تتضمن بعض الحركات العصبية الناتجة من التوتر العصبي الشديد بتأثير الآلات الإلكترونية التي تضخم الصوت.

والأضرار الناشئة عن الضوضاء متعددة الأوجه. وكثير منا يشعر بالضيق

(*) «البل» (Bell) وحدة لقياس جهارة الصوت, وتنسب الى مبتكرها العالم الامريكي (A. G. Bell)، ويستعمل عادة عشر هذه الوحدة أي »الديسيبيل« وهو 1/10 لوغاريتم النسبة بين الضغط الناتج من موجة الصوت وبين ضغط قياسي مقداره 0,0002 داين على السنتيمتر المربع.

الشديد وبالتوتر عند سماعه الأصوات العالية. كذلك لوحظ أن الأطفال، الذين لا تزيد أعمارهم على ست سنوات، شديدو الحساسية للضوضاء وينزعجون منها انزعاجا شديدا، وقد ينخرط بعضهم في البكاء عند سماعه للأصوات المرتفعة.

وقد تسبب الضوضاء الشديدة نوعا من الصمم في بعض الأحيان، ولكنه عادة ما يكون صمما مؤقتا ينتهي مفعوله بعد عدة ساعات، ولكن من المؤكد أن التعرض المستمر للضجيج والضوضاء لعدة سنوات لا بد من أن يؤثر في حاسة السمع عند الإنسان، وقد يؤدي على المدى الطويل إلى ضعف حاسة السمع أو فقدانها كليا.

ويوضح بعض الإحصائيات التي أجريت في السويد على كثير من العمال الذين يتعرضون يوميا للضوضاء الصادرة عن الآلات أن نسبة كبيرة منهم قد تأثر سمعهم إلى حد ما، كما اتضح أن هذه النسبة في تزايد مستمر، فبينما كان هناك نحو 5000 حالة من حالات فقدان السمع بين عمال الصناعة عام 1973 ارتفعت هذه النسبة إلى نحو 16000 حالة عام 1977.

وهناك تقرير رسمي آخر صادر عن مجلس الأحوال البيئية في الولايات المتحدة عام 1970، جاء فيه أن عددا كبيرا من عمال الصناعة الأمريكيين، ويبلغ عددهم نحو ستة عشر مليونا من العمال، مهددون في الوقت الحاضر بالإصابة ببعض الأضرار في أجهزة أسماعهم نتيجة تعرضهم المستمر كل يوم للضوضاء الصادرة عن آلات المصانع التي يعملون بها.

ويعتقد البعض أن ضوضاء الخلفية لا تؤثر كثيرا في حاسة السمع لأنها ضوضاء خافتة غير مميزة، ولكن بعض العلماء يرون أن استمرار التعرض لهذا النوع من الضوضاء لعدة أعوام له بعض التأثير في حساسية السمع عند الإنسان.

ومن الملاحظ أن الإنسان قد يعتاد الضوضاء المتصلة بعد مدة من الوقت، وقد لا يشعر بها بعد فترة من بدء سماعها، ولكن الضوضاء المتقطعة وغير المنتظمة تزعج الإنسان، خصوصا كبار السن، والمرضى، والأطفال، وغالبا ما تسبب الأرق وعدم الانتظام في النوم.

وقد اتضح أن الضوضاء العالية المفاجئة وغير المتوقعة تسبب حدوث بعض التغيرات في جسم الإنسان. فهي قد تسبب انقباض الشرايين

الضوضاء الصادرة عن البيئة

نوع الضوضاء	عدد وحدات الدسيبل	أمثلة (دسيبل)	
مسموعة	صفر _ 10	الأصوات الخافتة _ ضربات القلب	(10)
هادئة جداً	10 _ 30	حفيف الأوراق	(20)
هادئة	30 _ 50	أصوات المكتبات العامة	(35)
		الآلة الكاتبة	(40)
		حركة المرور الخفيفة	(50)
		البيئة الريفية	(33)
متوسطة الارتفاع	50 _ 70	جهاز تكييف الهواء	(65)
		المحادثات العادية	(60)
		التلفاز	(70)
		آلة الكنس الكهربائية	(70)
		المحال التجارية والمطاعم	(70)
		نباح الكلب	(67)
مرتفعة جدا	75 _ 100	ضجيج الشوارع	(90)
		صوت البيانو	(78)
		السيارة (100كم/ساعة)	(77)
		الغسالة الكهربائية	(78)
		الخلاط المنزلي	(88)
		آلة قطع الحشائش	(96)
		آلات المطبعة	(97)
مزعجة	100 _ 130	الفرق الموسيقية الحديثة	(114)
		الطائرات النفاثة	(103)
		أصوات تسبب الألم	(130)

والشعيرات الدموية، وترفع من ضغط الدم، كما تتسبب في زيادة ضربات القلب وزيادة سرعة التنفس، وتؤدي إلى تقلص العضلات، وقد توقف عملية الهضم وعمليات إفراز اللعاب وبعض العصائر المعدية.

ومن حسن الحظ أن أغلب هذه التغيرات تكون مؤقتة إلى حد كبير،

وتنتهي آثارها تدريجيا عندما يتعود الإنسان هذه الضوضاء.

ومع أن الإنسان قد يتعود الضوضاء إلا أن هذا التعود لا يدرأ عنه الضرر، خصوصا عند زيادة شدة الضوضاء على حدود معينة.

ويتلخص هذا الضرر في حدوث بعض التغيرات الفسيولوجية في جسم الإنسان. فقد تضطرب وظائف الأذن والأنف والحنجرة، كما قد تؤثر الضوضاء في إفراز بعض الهرمونات في الجسم، (مرجع رقم 55). وقد تؤدي إلى بعض الاضطراب في بعض وظائف المخ، خصوصا بين من يشعرون بالخوف وبالتوتر الشديد من الضوضاء العالية.

ولا توجد هناك وسيلة دقيقة لتعيين نوع العلاقة بين شدة الضوضاء والآثار التي قد تحدثها هذه الضوضاء في جسم الإنسان، وذلك لأن هذه الآثار قد تختلف من شخص لآخر، وهي تعتمد عل عدة عوامل، منها نوع الضوضاء وشدتها، وزمن التعرض لها، ونوع العمل الذي يزاوله الإنسان أثناء تعرضه لهذه الضوضاء مثل: القراءة، أو القيام بعمل يحتاج إلى تركيز شديد ودقة كبيرة، أو مجرد مشاهدة التلفاز.

وقد تم حصر ما يقرب من 500 حالة يتعرض العاملون فيها إلى أثر الضوضاء، وقد وجد أن هذه الضوضاء لا تؤثر في صحة العاملين فقط، بل قد تؤثر أيضا في كفاءة العمل عند كثيرين منهم، وذلك لأنها تقلل كثيرا من القدرة على التركيز، كما تزيد من معدل الشعور بالتعب والإجهاد.

وقد قدرت الآثار المترتبة على التعرض للضوضاء المرتفعة في الولايات المتحدة، والتي أدت إلى وقوع بعض الحوادث، وتسببت في بعض حالات التغيب عن العمل، وعدم كفاءة الإنتاج، بما يكافئ 4000 مليون دولار عام 1971.

ولا يمكن حصر هذه الآثار وتقييمها اقتصاديا بدقة كافية، ولكن المؤكد أنها تتسبب في عدم كفاءة الإنتاج في أغلب الحالات.

وقد أجريت دراسة مماثلة في فرنسا على بعض تلاميذ المدارس، ووجد أن الضوضاء تؤثر كثيرا في مدى تقبلهم وفهمهم لما يتلقونه من معلومات، وقد وجد أن تلاميذ إحدى المدارس بمدينة بوردو بفرنسا التي تقع بالقرب من أحد الطرق السريعة، وتتعرض إلى ضوضاء مستمرة تصل إلى أكثر من: 7 دسيبل، تكثر أخطاؤهم الإملائية عند ترك النوافذ مفتوحة، وتقل

هذه الأخطاء كثيرا عند إقفال النوافذ لتقليل الضوضاء الصادرة عن الطريق، (مرجع رقم 56)، كما يتضح من الجدول التالي.

الجدول يبين زيادة الأخطاء الإملائية بين تلاميذ إحدى المدارس الفرنسية بزيادة الضوضاء (النوافذ مفتوحة)

الفصل	عدد الكلمات المملاة	النافذة مقفلة		النافذة مفتوحة	
		عدد الأخطاء	النسبة المئوية %	عدد الأخطاء	النسبة المئوية %
الأول	500	20	4	28	5.6
الثاني	580	25	4.3	87	15

وقد تبين أن المصابين بالاكتئاب هم أكثر الناس حساسية للضوضاء. وقد تتسبب الضوضاء العالية في حدوث كثير من حوادث العنف بين الناس.

كذلك وجد أن الضوضاء العالية تؤثر في بعض الحيوانات فتصيب بعضا منها بالتوتر الشديد، وتقلل من إنتاج حيوانات المزرعة، فتخفض من إنتاج اللبن، وتقلل من إنتاج البيض في الدواجن.

وتختلف معايير الضوضاء المسموح بها من دولة إلى أخرى، فيعتبر الحد الأقصى للضوضاء المسموح بها في الولايات المتحدة نحو 90 دسيبل على ألا يتعرض لها الإنسان أكثر من 8 ساعات في اليوم، ولا يزيد هذا الحد في بعض الدول الأخرى، مثل هولندا، على 80 دسيبل فقط.

وهناك اتفاق عام على أن الضوضاء التي تقل عن 75 دسيبل تكون مأمونة الجانب إلى حد كبير، ولن تعرض الإنسان إلى فقدان حاسة السمع، أو غيرها من آثار الضوضاء الضارة.

20 التلوث الكهرومغنطيسي

بدأ بعض العلماء الحديث في هذه الأيام عما سمي التلوث الكهرومغنطيسي وهو تلوث ينتج من الموجات الكهرومغنطيسية التي تملأ الجو المحيط بنا.

ولو أن زائرا من الفضاء الخارجي اقترب من مجموعتنا الشمسية لاستطاع أن يتعرف على الأرض فورا، فعلى حين ستبدو له كل الكواكب الأخرى ساكنة تماما سيلاحظ أن هناك ضوضاء لاسلكية شديدة تصدر عن الكوكب الثالث في هذه المجموعة، وهو كوكب الأرض، وقد تزيد هذه الضوضاء اللاسلكية على الضوضاء الصادرة عن الشمس.

وتنشأ هذه الضوضاء اللاسلكية عن مئات من محطات المذياع والتلفاز التي تنتشر في كل دول العالم، التي تبث برامجها ليلا ونهارا دون انقطاع.

كذلك تنتشر شبكات الضغط العالي التي تنقل الكهرباء مسافات بعيدة في كثير من الدول المتقدمة والدول النامية، وتتضمن هذه الشبكة الكهربائية عشرات من محطات القوى، ومحطات التقوية، والمحولات، كما تنتشر الآن في كثير من الدول شبكات الميكروويف (الموجة الصغرى) المستخدمة

في الاتصالات الهاتفية.

ويتسبب كل ذلك في امتلاء الجو حولنا بالموجات الكهرومغنطيسية وبالمجالات المغنطيسية، ولو أننا كنا نستطيع أن نرى هذه الموجات والمجالات لرأيناها تتشابك حولنا في كل مكان، وتملأ الهواء المحيط بنا مثل الضباب الناتج من تعلق قطرات الماء بالهواء.

ولا يعرف حتى الآن تأثير كل هذه الموجات الكهرومغنطيسية والمجالات المغنطيسية في صحة الإنسان، ولكن نظرا لأن أغلب المؤثرات تنتقل في الأعصاب عن طريق نبضات كهربائية معينة، فهناك اعتقاد بأن مثل هذه الموجات والمجالات لابد من أن تتدخل بصورة ما في عمل المخ، وتؤثر بشكل أو بآخر في كل الجهاز العصبي للإنسان.

كذلك قد تؤثر هذه الموجات والمجالات في بعض التفاعلات الكيميائية التي تدور في الخلايا الحية، مما قد يؤدي إلى تشوه الأجنة، أو إلى التخلف العقلي، أو حدوث طفرات في خلايا بعض النباتات.

وهناك كثير من البحوث التي تجرى في بعض الدول لمعرفة الأخطار التي قد تنتج من انتشار هذه الموجات الكهرومغنطيسية بهذا الشكل الكثيف المشاهد اليوم، ولجمع كثير من المعلومات الضرورية عنها قبل الإدلاء برأي فاصل في هذا الموضوع.

ويجرى بعض هذه البحوث في الولايات المتحدة، وخصوصا أن بها نحو ألف محطة تلفازية وعددا أكبر كثيرا من محطات الإذاعة، وآلاف من محطات التقوية، وعشرات الألوف من أبراج شبكات الميكروويف، كما تمتد بها شبكات الضغط العالي التي تنقل الكهرباء لآلاف الأميال، ويشترك في هذه البحوث علماء من الجامعات، ومن مراكز البحوث الأخرى، ومن إدارة الأغذية والعقاقير الأمريكية.

وتختلف الموجات الكهرومغنطيسية التي نحن بصددها عن بعض الإشعاعات الأخرى التي نعرفها مثل: الأشعة السينية، أو أشعة جاما، أو الأشعة الكونية، وهي تختلف عنها في أنها أقل طاقة من هذه الإشعاعات الأخيرة ولذلك فهي لا تدمر الخلايا، ولكنها قد تؤثر في هذه الخلايا بطريقة لا نعرفها حتى الآن.

وقد وضع المعيار الوحيد لحد الأمان بالنسبة للموجات الكهرومغنطيسية

على أساس تأثيرها الحراري.. وفي إحدى التجارب التي أجريت في هذا المجال تم توجيه موجات ميكروويف قوتها نحو مائة ألف ميكروواوت على السنتيمتر المربع إلى مجموعة من أرانب التجارب لمدة أربع ساعات.

وقد لوحظ أن درجة حرارة سوائل العين في هذه الأرانب قد ارتفعت بشكل ملحوظ، وأصيب كثير منها بمرض المياه البيضاء بعد حوالي أسبوع من إجراء التجربة.

وقد قام خبراء سلاح الطيران الأمريكي بإجراء تجارب مماثلة، فقاموا بتعريض نحو مائتي فأر ذكر من فئران التجارب إلى تيار متقطع من أشعة الرادار لمدة قصيرة في كل مرة، وتبين أن نحو 40٪ من هذه الفئران قد أصيب بتدمير كامل لخلاياه التناسلية، كما أصيب نحو 35٪ منها بسرطان الدم «اللوكيميا» وقد استخلص الخبراء من هذه التجارب أنه يجب ألا يزيد مستوى الموجات التي قد يتعرض لها الإنسان في المصانع أو غيرها على عشرة آلاف ميكروواوت على السنتيمتر المربع.

وقد لوحظ في الولايات المتحدة أن أغلب من يعملون أمام الشاشات التلفازية للحاسب الإلكتروني فترة طويلة يصابون بضعف في الإبصار، وأن السيدات الحوامل منهم يتعرضن بنسبة أعلى للإجهاض.

وقد أثبت بعض التجارب المماثلة التي أجريت في الاتحاد السوفيتي أن التعرض لموجات الرادار يؤدي إلى الإصابة بالصداع، وببعض الإجهاد العصبي، وقد يؤدي إلى فقدان الذاكرة، وقد وضع بعض الدول مثل: بولندا، وكندا، والسويد حدودا قصوى لمن تقتضي ظروفهم التعرض لهذه الموجات لا تزيد على مائتي ميكروواوت.

وقد تبين من بعض التجارب الأخرى التي أجريت في جامعة تكساس بالولايات المتحدة أن نشاط فئران التجارب ينخفض كثيرا عند تعرضها لموجات الميكروويف حتى لو كانت هذه الموجات ضعيفة جدا، كذلك تبين من بعض التجارب المماثلة أن خلايا الدم البيضاء تفقد كثيرا من قدرتها ونشاطها عند تعرضها لموجات الميكروويف، أو الموجات عالية التردد الخاصة بالتلفاز.

ولا يمكن الحكم بطريقة علمية على نتائج هذه التجارب، وذلك بسبب عدم تأثر كل الكائنات في هذه التجارب بالمقدار نفسه. وقد تختلف نتيجة التجربة من حالة إلى أخرى، وبذلك لا يمكن الحكم على أثرها الحيوي في

الخلايا البشرية، ولذلك فان المعهد القومي الأمريكي للمستويات القياسية يحبذ أن يخفض الحد الأقصى للجرعة التي يمكن أن يتعرض لها الإنسان بصورة مأمونة إلى ألف ميكرووات فقط على السنتيمتر المربع، وهو يبلغ عشر المستوى القياسي المعمول به حاليا.

ولا يعرف حتى الآن تأثير المصدر الدائم للإشعاع الموجود في كل منزل، وهو جهاز التلفاز، في المشاهدين الذين يجلسون أمامه كل يوم عدة ساعات.

ولشبكات الضغط العالي التي تنقل الكهرباء آثار مماثلة. فعند مرور السيارة تحت أحد هذه الأبراج نلاحظ حدوث بعض الشوشرة (التشويش) والأصوات الغريبة في مذياع السيارة، وذلك بسبب تداخل المجال المغنطيسي لهذه الأبراج مع موجات المذياع الموجودة في الهواء، كذلك عندما يقف أحد الأشخاص تحت أحد هذه الأبراج سيشعر بشيء من الحركة في الشعر الخفيف المجاور لأذنيه. وفي بعض الأحيان قد يشعر الإنسان بصدمة كهربائية خفيفة عند تلامس أطراف أصابعه، وقد يضيء مصباح الفلورسنت عندما تحمله بيدك تحت إحدى هذه الشبكات.

وقد تبين من إحدى التجارب التي أجريت في جامعة لويزيانا بالولايات المتحدة أن شيئا من التغير قد حدث في تركيب الدم لبعض الفئران التي تعرضت إلى مجال كهربائي قوته نحو خمسة عشر ألف فولت.

كذلك لوحظ أن إنتاج نحل العسل قد انخفض كثيرا عند تعرض هذا النحل إلى مجال كهرومغنطيسي قوي، وأن مستوى الهرمونات يختل في الدجاج للسبب نفسه، كما أن الحمام الزاجل يفقد قدرته على معرفة الاتجاه في بعض الأحيان.

وعلى الرغم من أن هناك تجارب أخرى تعطي نتائج متعارضة مع النتائج السابقة إلا أن الإحصائيات تشير، ولو من بعيد، إلى التأثير السيئ لهذا التلوث الكهرومغنطيسي. فقد تبين من إحدى هذه الإحصائيات التي تناولت الحالة الصحية لمئات من الأطفال الذين يعيشون بالقرب من محطات القوى والشبكات الكهربائية ذات الضغط العالي، وأبراج الميكروويف أنهم يتعرضون للإصابة بأمراض الجهاز العصبي، وباللوكيميا بنسبة أعلى بمقدار الضعف من الأطفال الآخرين الذين يعيشون بعيدا عن هذه المؤثرات.

21 التشريعات الخاصة بحماية البيئة من التلوث

التشريعات الخاصة بحماية البيئة ليست أمرا مستحدثا، فقد كان هناك بعض الإجراءات المحدودة التي اتخذت في هذا الشان خلال القرن الثامن عشر مثل بعض الأوامر التي كان يصدرها حكام بعض المقاطعات، والتي تحرم إلقاء القاذورات في الأنهار، أو تحرم صيد أنواع معينة من الطيور النافعة للإنسان.

وقد ازداد اهتمام الإنسان بتلوث البيئة عندما شعر بزيادة هذا التلوث مع الزيادة في التقدم الصناعي والتكنولوجي، وبدأ كثير من الدول تعيد النظر في تشريعاتها وقوانينها الخاصة بهذا الشأن، واهتم كثير منها بإصدار تشريعات جديدة تتعلق بحماية مصادر المياه، وحماية البيئة البحرية والبيئة الزراعية، ومنع تلوث الهواء، وهي قوانين يمكن جمعها معا تحت اسم «قوانين البيئة» (Environmental Laws).

ويمكن تقسيم قوانين البيئة بصفة عامة إلى قسمين رئيسين. يتضمن القسم الأول التشريعات التي تحمي الماء والهواء والتربة من التلوث، وكذلك

القوانين الخاصة بالمحافظة على الثروة النباتية والحيوانية، والقوانين الخاصة بتنظيم طرائق تداول المخلفات وطرائق التخلص منها، أما القسم الثاني من هذه القوانين فيشتمل على التشريعات الخاصة بالصحة العامة، والمتعلقة بتنظيم استخدام الموارد الطبيعية في الدولة، وأسلم الطرائق للمحافظة عليها.

ولم يقتصر أمر المحافظة على البيئة على التشريعات والقوانين التي تصدرها الحكومات، ولكنه تعدى ذلك إلى كثير من الأفراد العاديين الذين شعروا بخطورة هذا التلوث على جميع عناصر البيئة المحيطة بهم، فتكونت جمعيات أهلية، في كثير من الدول، تنادي بضرورة حماية البيئة، والمحافظة عليها من التلوث، وتقاوم في إصرار كل ما يتسبب في الإضرار بأي عنصر من عناصر هذه البيئة، حتى لو كان المتسبب في حدوث هذا الضرر هو حكومة الدولة نفسها.

وقد صدر في كثير من دول العالم العرب تشريعات تستهدف حماية كثير من عناصر البيئة من التلوث. ومن أمثلة ذلك التعليمات التي أصدرتها وزارة الزراعة في جمهورية مصر العربية عام 1928، والتي تحزم صيد بعض الطيور النافعة للإنسان، مثل طائر أبي قردان الذي يساعد الفلاح على القضاء على بعض الآفات الزراعية، وأيضا بعض التعليمات الأخرى الخاصة بجمع القمامة وطرائق التخلص منها في المدن والذي صدر عام 1898.

كذلك صدرت في جمهورية مصر العربية قوانين أخرى خاصة بحماية مصادر المياه من التلوث، وقد تم تعديل هذه القوانين عدة مرات، وكان آخر هذه التعديلات القانون رقم 93 لسنة 1962 الذي اشتمل على القواعد الخاصة بصرف المخلفات السائلة، وثم تقسيم المجاري المائية في هذا القانون إلى ثلاثة أقسام هي: نهر النيل وفروعه، ومصارف الأراضي الزراعية، والبحيرات والبحار.

وقد احتوى هذا القانون على معايير خاصة، تجب مراعاتها بالنسبة للمخلفات الصناعية، جددت فيها نسبة الأكسجين الحيوي، ونسبة الأكسجين الممتص، ونسبة المواد العالقة، والرقم الهيدروجيني، ونسبة الكبريتيدات، وما قد يوجد في هذه المخلفات من زيوت وشحوم، كما نص القانون على ألا

تزيد درجة حرارة المخلفات السائلة على 35 مئوية لمنع التلوث الحراري للمجاري المائية.

وقد حرم هذا القانون تحريما مطلقا إلقاء مياه المجاري (مياه الصرف الصحي) في نهر النيل أو في أحد فروعه.

وهناك تشريعات مماثلة لحماية البيئة في كثير من الدول، الدول الصناعية خاصة، التي تركزت تشريعاتها في حماية البيئة من المخلفات الصناعية متعددة الأنواع، والتي يتصف بعضها بخطورته الشديدة على الصحة العامة، وعلى جميع عناصر البيئة.

وقد أدى بعض هذه التشريعات والقوانين إلى حدوث بعض الخلاف بين حكومات هذه الدول وبعض الشركات الصناعية التي تعمل فيها، وكان بعض هذه الشركات يرى في هذه القوانين قيودا عليها وعبئا على إنتاجها. ومن أمثلة هذه التشريعات القانون الذي أصدره الكونجرس الأمريكي تحت اسم «قانون سياسة البيئة الأمريكية» (National Environmental Policy Act) عام 1969، وقد أعطى هذا القانون السلطات الفدرالية في الولايات المتحدة حق دراسة الآثار التي قد تترتب على إقامة أي مشروع صناعي قبل منح الترخيص بإقامته، كما منح المحاكم سلطة إيقاف العمل بالمشروعات التي قد ينتج من مزاولتها لأنشطتها تلوث البيئة بأي شكل من الأشكال.

كذلك أصدرت اليابان قانونا آخر يلزم كل المؤسسات الصناعية باتخاذ كل الاحتياطات اللازمة لمنع تلوث البيئة المحيطة بها، إما بمنع صدور أي مخلفات ضارة عنها، وإما بمعالجة هذه المخلفات جيدا قبل صرفها.

وينص القانون الياباني الصادر عام 1970، والذي تم تعديله عام 1972، على الإجراءات الواجب اتباعها لمنع تلوث مصادر المياه، وتم فيه حصر أربعة وسبعين نوعا من المخلفات الصناعية التي قد تؤدي إلى تلوث المياه، كما حدد معايير خاصة لكل نوع من أنواع الصناعة.

كذلك صدر في بولندا أول قانون لحماية مصادر المياه عام 1922، ثم أعيدت صياغة هذا القانون بعد ذلك عدة مرات.

وقد أصدر كثير من الدول الأخرى قوانين مماثلة للمحافظة على مصادر المياه، واهتمت كل منها بأن تغطي قوانينها أهم الصناعات القائمة بها، فنجد أن الاتحاد السوفيتي أصدر قانونا من هذا النوع عام 1937، ثم

أعيدت صياغته مرة عام 1957، ثم مرة أخرى عام 1960، وتضمن وضع معايير خاصة لنحو سبعين مادة من مخلفات الصناعة السائلة، وحدد الإجراءات الواجب اتباعها قبل إلغاء هذه المخلفات في المجاري المائية في الوقت الذي نجد فيه أن تشيكوسلوفاكيا قد حظرت صرف نحو ثلاثين مادة فقط في المجاري المائية قبل معالجتها.

كذلك نجد أن بلجيكا أصدرت عام 1967، وكذلك عام 1969 تشريعات خاصة تحدد فيها مواصفات المخلفات الناتجة من مصانع الألبان والأغذية المحفوظة، باعتبار أن هذه هي أكثر الصناعات انتشارا فيها.

وقد أهتم كثير من الدول بحماية البيئة البحرية المحيطة بها، فنجد أن كندا قد أصدرت عام 1971 تشريعا ينظم صرف مخلفات بعض المصانع، مثل: مصانع الورق، ومعامل تكرير البترول، ويحدد طرائق معالجة هذه المخلفات قبل إلقائها في المياه الإقليمية، كذلك أصدرت الولايات المتحدة قانونا مشابها عام 1972 باسم قانون حماية البيئة البحرية، وقانونا آخر باسم قانون إدارة المناطق الساحلية.

وقد اهتمت الأمم المتحدة أيضا بحماية البيئة البحرية، وخصصت لذلك مجموعة من خبرائها الدوليين، وأوكلت إليهم دراسة كل ما يتعلق بتلوث هذه البيئة، وطرائق حمايتها من التلوث.

وتنص أغلب القوانين الخاصة بحماية البيئة البحرية على عدة نقاط هامة تجب مراعاتها عند صرف المخلفات فيها منها: التيارات البحرية السائدة، وسرعتها واتجاهاتها، وعمق المياه، ودرجة حرارتها، وحركة الأمواج، على أن يؤخذ في الاعتبار كمية المخلفات المراد التخلص منها، وخواصها الكيميائية والبكتيريولوجية، ودرجة تركيز هذه المخلفات، ودرجة سميتها، وقابليتها للذوبان في الماء، وكذلك التفاعلات التي قد تنشأ بينها وبين مياه البحر.

كذلك لقيت مشكلة تلوث الهواء اهتماما كبيرا من كثير من الدول، وخصوصا في الأعوام الأخيرة بعد أن أصبح هذا التلوث ملحوظا في كل مكان، ولذلك نجد أن كثيرا من الدول قد أصدرت تشريعات خاصة للحد من هذه المشكلة. ومن أمثلة ذلك صدور قانون خاص بتلوث الهواء في الولايات المتحدة عام 1955، وتم تعديله بعد ذلك مرتين في عام 1959 ثم في

عام 1962، كما صدر بها قانون آخر عام 1960 خاص بالغازات الناتجة من عادم السيارات.

كذلك أصدرت بلجيكا قانونا مشابها عام 1971، حددت فيه كمية غاز أول أكسيد الكربون التي تتصاعد في الهواء من عادم السيارات، بحيث لا تزيد على 4,5٪ من مجموع غازات العادم، كما أصدرت السويد قانونا مماثلا يحدد كمية كل من أول أكسيد الكربون والهيدروكربونات غير المحترقة التي تخرج مع غازات العادم في السيارات، على حين اهتمت الدنمرك بنسبة الكبريت المسموح بوجودها في الوقود، فأصدرت تشريعا خاصا بذلك عام 1972، وذلك لتخفيض كمية غاز ثاني أكسيد الكبريت التي تتصاعد في الهواء عند إحراق هذا الوقود، والتي تتحول إلى أمطار حمضية فيما بعد، وتسقط على أرضها وعلى أراضي الدول المجاورة لها.

وقد أصدرت جمهورية مصر العربية تشريعات مماثلة لمنع تلوث الهواء مثل القانون رقم 453 لسنة 1945، المعدل بالقانون رقم 359 لسنة 1956، والذي احتوى على نصوص خاصة بالأدخنة والأتربة التي قد تتصاعد من بعض المحال الصناعية والتجارية. كذلك أصدر وزير العمل القرار رقم 48 لسنة 1967 الذي حدد فيه أقصى درجات تركيز الأتربة في الوحدات الصناعية حفاظا على صحة العاملين فيها.

كذلك صدر القرار الجمهوري رقم 846 لسنة 1969 بإنشاء لجنة عليا لحماية الهواء من التلوث، وتبعه صدور قرار من وزير الصحة عام 1971 بتحديد المعايير الواجب توفرها في الهواء النظيف، والحد الأقصى المسموح به في جو العمل، وكذلك في الجو العام. وقد تضمن هذا القرار نحو تسعين مادة مختلفة، منها: غازات مثل: ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأكاسيد النتروجين، ومنها: بعض المواد الكيميائية مثل: الاسيتالدهيد والأرسين والنتروبنزين، ومنها: بعض المواد التي قد توجد في الهواء على هيئة مواد عالقة مثل: المنجنيز، والزئبق، والسلينيوم، وأتربة الأسبستوس، والإسمنت، ومسحوق الطلق وغيرها.

وقد أنشئ بعد ذلك جهاز لشؤون البيئة في جمهورية مصر العربية يتبع مجلس الوزراء، ويقوم هذا الجهاز حاليا بتمويل الشبكة القومية لرصد ملوثات الهواء التي أقامها مركز صحة البيئة والصحة المهنية التابع لوزارة

الصحة، وتغطي هذه الشبكة الآن عشر محافظات، وبلغ عدد محطات الرصد 82 محطة تنتشر في المناطق الصناعية والتجارية والسكنية بهذه المحافظات.

وقد امتدت هذه التشريعات في كثير من الدول لتشمل حماية التربة الزراعية من سوء الاستعمال. ففي الدنمرك مثلا صدر قانون خاص عام 1970 يحدد أنواع المبيدات الحشرية المسموح باستعمالها في الأراضي الزراعية وطرائق استخدامها، كما أصدرت فنلندا عام 1968 قانونا آخر يحدد المدة الزمنية التي يجب انقضاؤها عن رش الحقول بالمبيدات وجمع المحاصيل، حتى تخلو هذه المحاصيل تماما من أغلب آثار المبيدات.

وقد قامت ألمانيا عام 1972 بإصدار تشريع يحرم صناعة أو استخدام المبيد الحشري د. د. ت أو مركباته، كما صدر قانون مماثل في الولايات المتحدة عام 1972 يحرم استخدام هذا المبيد وبعض المبيدات الحشرية الأخرى، ويحدد كيفية استخدام بعضها الآخر.

كذلك صدرت هناك تشريعات أخرى في كل من الولايات المتحدة وألمانيا عام 1973 تنظم طرائق جمع المخلفات الصلبة والقمامة في المدن، وتنظم أيضا طرائق التخلص منها سواء بالدفن في باطن الأرض، أو بإحراقها، أو بإعادة استخدامها.

وقد لقيت الضوضاء كذلك اهتماما شديدا في كثير من الدول، وخصوصا في الدول التي توجد فيها مدن كبيرة مزدحمة بالسكان، وبوسائل النقل والسيارات، ولذلك نجد أن بعض هذه الدول مثل الولايات المتحدة قد أصدرت قانونا خاصا عام 1972 تحت اسم «قانون السيطرة على الضوضاء» (Noise Control Act)، وفعل ذلك أيضا بعض الدول الأوروبية.

وقد تضمنت أغلب هذه القوانين حدودا قصوى للضوضاء يجب ألا تزيد عليها، واعتبر الحد الأقصى المسموح به نحو 90 دسيبل في المدن وفي المصانع مع التوصية ببذل مزيد من الجهد لتخفيض الضوضاء إلى 75 دسيبل بالتدريج. وهناك تشريعات أخرى تحد من استعمال آلات التنبيه في المدن، وتنظم استعمال مكبرات الصوت في الأفراح أو الاجتماعات، ويأخذ بهذا النظام كثير من الدول العربية.

ولم يقتصر إصدار قوانين البيئة على بعض الدول المنفردة وحدها،

ولكن كان هناك بعض الاتفاقيات التي عقدت بين دولتين أو أكثر للحد من تلوث البيئة المشتركة بينهما.

ويرجع بعض هذه الاتفاقيات إلى القرن الماضي، ومثال ذلك الاتفاقية الثنائية التي عقدت عام 1869 بين كل من ألمانيا وسويسرا، والخاصة بالمحافظة على مياه البحيرات التي تقع على حدودهما المشتركة، ومنع تلوثها.

كذلك عقدت اتفاقية مماثلة بين كل من كندا والولايات المتحدة عام 1909، ثم عقدت بينهما اتفاقية جديدة عام 1972 تختص بالمحافظة على البيئة في منطقة البحيرات العظمى، وتعرف باسم «الاتفاق الكندي الأمريكي بشان نوعية مياه البحيرات العظمى 1972»، (U.S. Canadian Agreement on Great Lakes Water Quality, 1972) وقد حددت هذه الاتفاقية كثيرا من الأمور التي تجب مراعاتها مثل: ضرورة خلو هذه المياه من الشوائب، أو المواد التي تعكر الماء، أو تؤثر في حياة الكائنات الحية المائية، كما يجب عدم إلقاء الزيوت أو الشحوم في هذه المياه، وكذلك بعض المواد الملونة، أو كريهة الرائحة، أو السامة، أو مركبات الفوسفات، أو المياه المشبعة بهذه المركبات، وما يشابهها من أملاح حتى لا تصل هذه البحيرات إلى حالة التشبع الغذائي، فتتحول في نهاية الأمر إلى مستنقعات.

ولا توجد لدينا اتفاقيات مماثلة في العالم العربي. فنهر النيل مثلا يمر في مصر وفي السودان، وكذلك في عدد من الدول الأفريقية الأخرى، وعلى الرغم من وجود اتفاقية خاصة بتوزيع مياه النهر بين هذه الدول إلا أنه لا توجد هناك اتفاقية خاصة بمنع تلوث مياه النهر، والحفاظ على بيئته الطبيعية.

وهناك بعض الاتفاقيات الدولية التي تشترك فيها أكثر من دولة مثل الاتفاقية الخاصة بمنع تلوث البيئة البحرية بزيت البترول التي انبثقت من المؤتمر الدولي لمنع تلوث مياه البحار بالزيت الذي عقد عام 1954، ثم عدلت بعد ذلك بعض فقرات هذه الاتفاقية، وكان آخر هذه التعديلات عام 1972.

وقد حددت هذه الاتفاقية المعايير التي يجب توفرها في ناقلات البترول، باعتبارها من أهم مصادر تلوث مياه البحار بزيت البترول، ووضعت هذه الاتفاقية شروطا خاصة لصرف المخلفات المحتوية على الزيت في البحار،

منها: أن يكون هذا الصرف أثناء سير الناقلة، وبمعدل لا يزيد على 60 لترا لكل ميل، وألا تزيد كمية الزيت في هذه المخلفات على مائة جزء في المليون، كما يشترط أن يكون ذلك على بعد كبير من الشواطئ بما لا يقل عن خمسين ميلا، كما يجب ألا تزيد كمية الزيت التي تلقى في ماء البحر على جزء من خمسة عشر ألف جزء من حمولة الناقلة. كما أن هناك أيضا الاتفاقية الإقليمية لحماية البيئة البحرية والتي يشارك فيها الدول المطلة على الخليج العربي (انظر الملحق). وهناك أيضا بعض الاتفاقيات الدولية الخاصة بالحوادث البحرية لناقلات البترول، واتفاقيات أخرى خاصة بالتعويضات من الأضرار التي تنشأ عن التلوث بزيت البترول نتيجة هذه الحوادث.

وقد أبرمت في لندن عام 1972 اتفاقية خاصة بمنع تلوث البحار نتيجة إلقاء المخلفات بأنواعها المختلفة عرفت باسم (Dumping Wastes) وقع عليها عدد كبير من الدول، وقد تناولت هذه الاتفاقية عملية تنظيم إلقاء المخلفات في قيعان البحار، وقسمت فيها المخلفات إلى قسمين رئيسين: يشمل الأول منهما كل المواد شديدة السمية، وشديدة الضرر مثل: المواد المشعة عالية الإشعاع، ومثل بعض مركبات الزئبق، والرصاص، والكادميوم، وبعض المواد الكيميائية المستخدمة في صنع أسلحة الحرب الكيميائية، أو الحرب البيولوجية، بينما يشمل القسم الثاني منهما المواد الأقل سمية مثل: بعض المواد المشعة ضعيفة الإشعاع، وبعض مركبات النحاس، وبعض الفلوريدات، وغيرها.

وقد حظرت هذه الاتفاقية إلقاء النوع الأول في البحار حظرا تاما لشدة خطورته، بينما سمحت بإلقاء المخلفات من النوع الثاني بعد الحصول على تصريح بذلك.

وتعتبر الاتفاقية التي انبثقت من مؤتمر الأمم المتحدة عام 1982، والخاصة بالمحيطات، من أهم الاتفاقيات الخاصة بإقامة نظام إدارة متكامل للمحيطات، واحتوت على كثير من البنود المتعلقة بالمحافظة على سلامة البيئة البحرية.

كذلك وضع برنامج للبيئة تابع للأمم المتحدة عام 1972 اشتمل على عدة مهمات رئيسة منها: أن يتولى عمليات رصد كل التغيرات التي قد تحدث

في البيئة، أو في الموارد الطبيعية على المستوى العالمي مع إصدار التقارير الخاصة بذلك إلى الدول التي تطلبها، وتقديم المشورة في مشاكل البيئة المختلفة مثل: تلوث البحار، وإزالة الغابات، وارتفاع درجة حرارة الجو، ووجود ثقب الأوزون. والهدف من كل ذلك هو القيام بدور فعال في حماية البيئة، ووجود نوع من التعاون في هذا المجال بين مختلف الدول، وذلك بالمساهمة في عقد الاتفاقيات الدولية والاشتراك في تنفيذها.

وقد حرصت الدول العربية على المشاركة بجهد فعال في هذا المجال، فقامت بحضور الاجتماعات التي عقدت في جدة عام 1974، وفي برشلونة عام 1975 لدراسة الوسائل الخاصة بالمحافظة على بيئة البحر الأبيض المتوسط، وبيئة البحر الأحمر، وخليج عدن.

وقد عقد في القاهرة مؤخرا، في أكتوبر 1989، مؤتمر خاص بحماية البيئة حضره وزراء البيئة في الدول العربية، وقد تقرر في هذا المؤتمر إعداد استراتيجية كاملة لمكافحة التصحر، وزيادة المساحات الخضراء في الوطن العربي، وتنفيذ مشروعات تنقية المياه، وأنظمة معالجة الصرف الصحي منخفضة التكاليف، مع إنشاء مركز عربي للمعلومات البيئية تكون نواته المعلومات المتوفرة حاليا في كل قطر عربي.

كذلك تقرر أن تقوم صناديق التنمية بتقديم المعونة الفنية في مجالات البيئة من خلال برامج التدريب والتوعية، وحل مشاكل المدن الرئيسة ومراعاة الجوانب البيئية عند تنفيذ مختلف المشروعات. وقد تقرر عقد مؤتمر عربي آخر للبيئة في تونس في مارس . 1990

ملحق

المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية

Regional Organization for the mutation of the Marine Environment (ROPME)

مقدمة:

بناء على دعوة من حكومة دولة الكويت انعقد مؤتمر الكويت الإقليمي للمفوضين لحماية وتنمية البيئة البحرية، والمناطق الساحلية بالكويت في الفترة من 15-23 أبريل 1978.

وقد وافق المؤتمر على خطة العمل لحماية وتنمية البيئة البحرية والمناطق الساحلية، وعلى اتفاقية الكويت الإقليمية للتعاون في مكافحة التلوث بالنفط، والمواد الضارة الأخرى في الحالات الطارئة. وتهدف هذه الخطة إلى تحقين ما يلي.

1- تقييم الوضع البيئي بما في ذلك نشاطات التنمية الاجتماعية والاقتصادية المتعلقة بتحسين البيئة، والاحتياجات الإقليمية لمساعدة الحكومات في مواجهة المشكلات البيئية بطريقة سليمة، وبصورة خاصة المشكلات المتعلقة بالبيئة البحرية.

2- تطوير المبادئ الخاصة بإدارة النشاطات التي لها تأثير في تحسين البيئة، أو في حماية واستغلال

الموارد البحرية المتجددة على أسس ثابتة.

3- تطوير الوثائق القانونية التي تشكل الأساس القانوني للجهود المشتركة لحماية وتنمية الإقليم على أسس ثابتة.

4- الإجراءات المناسبة بما في ذلك إنشاء الأجهزة والهياكل التنظيمية الوطنية والإقليمية التي يتطلبها التنفيذ الناجح لخطة العمل.

تأسيس المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية:

أنشئت هذه المنظمة في سنة 1979 في دولة الكويت بعد أن تم إيداع وثائق التصديق عليها من كل من: دولة البحرين، وجمهورية إيران الإسلامية، والجمهورية العراقية، ودولة الكويت، وسلطنة عمان، ودولة قطر، والمملكة العربية السعودية، ودولة الإمارات العربية المتحدة.

وقد قام برنامج الأمم المتحدة للبيئة بمهمة الإشراف على برامجها حتى إنشاء الأمانة العامة للمنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية في الأول من شهر يناير 1982.

مهمات واختصاصات سكرتارية (أمانة سر) المنظمة:

تقوم سكرتارية المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية بالمهمات والاختصاصات التالية:

1- الدعوة والتحضير لاجتماعات المجلس وأجهزته الفرعية، ومجموعة العمل الخاصة به.

2- تبليغ الدول الأعضاء بالإخطارات والتقارير وغيرها من المعلومات الأخرى التي تتسلمها المنظمة.

3- دراسة الاستفسارات والمعلومات المقدمة من الدول الأعضاء، والتشاور بشأن المسائل المتعلقة بالاتفاقية وبروتوكولاتها.

4- إعداد التقارير الخاصة بالأمور المتعلقة بالاتفاقية وإدارة المنظمة.

5- استحداث وحفظ وتوزيع مجموعة حديثة من القوانين الوطنية الخاصة بحماية البيئة البحرية في جميع الدول المعنية.

6- اتخاذ الترتيبات اللازمة عند الحاجة لتوفير المعونة الفنية، والمشورة لصياغة التشريعات الوطنية وبروتوكولاتها بصورة فعالة.

7- تنظيم برامج التدريب في المجالات المتعلقة بتنفيذ الاتفاقية وبروتوكولاتها.

8- الإشراف والقيام بتنفيذ مشروعات خطة عمل الكويت، والنشاطات التابعة لها بالتنسيق مع المعتمد الوطني للمنظمة والمنظمات الدولية المختصة.

9- إعداد التقارير الفنية الخاصة بالوضع الذي وصلت إليه البرامج والنشاطات التي تقوم بها المنظمة.

10- تنفيذ الآراء العلمية والفنية للمنظمة والمعتمد الوطني فيما يتعلق بتنفيذ مشروعات خطة عمل الكويت.

11- التنسيق والتحضير لعقد الاجتماعات للخبراء الفنيين.

12- الإشراف على تنفيذ القرارات والتوصيات الصادرة عن المجلس، والمتعلقة ببرامج التوعية البيئية.

13- عقد الاجتماعات الإقليمية بهدف تطوير التوعية والثقافة البيئية.

14- تقديم المشورة الفنية والمساعدة المالية للدول الأعضاء لتنفيذ البرامج الوطنية الخاصة بالتوعية البيئية.

15- إعداد وتوزيع نشرة المنظمة والكتيبات والمطويات والوسائل السمعية والبصرية والتقارير والوثائق المتعلقة بالتوعية البيئية.

16- إعداد وتنظيم الاحتفالات بيوم البيئة الإقليمي 24 أبريل من كل عام.

هذا وقد تضمنت خطة عمل الكويت 17 مشروعا يتم تنفيذها على مراحل، وتضم هذه المراحل مجموعات من المشاريع وهي:

1- المجموعة (أ) - جمع المعلومات.

2- المجموعة (ب) - مشاريع الرصد البيئي والأبحاث.

3- المجموعة (ج) - مجموعة المشاريع الخاصة للتوصل إلى وضع استراتيجية للدول الأعضاء للتحكم بمصادر التلوث، وكذلك الأسس الإرشادية للتنمية في المناطق الساحلية.

4- المجموعة (د) - وتضم برامج الدراسات الخاصة بالثروة السمكية وسبل تنميتها، وإقامة المحميات البحرية، وتنسيق الجهود من أجل وضع سياسات وطنية للإدارة السليمة من النواحي البيئية للمياه والجوانب الصحية العامة المتعلقة بتلوث البيئة البحرية.

المراجع

1- W. S. Broecker, Report presented to IASA workshop on Carbon Dioxide, Climate and Society, Baden, 1978.

2- U. Siegenthaler and H. Oeschger, Science, 199, 388, 1978.

3- C. D. Keeling et al., Tellus, 26, 538, 1976.

4- C. F. Baes, H. G. Goeller, J. S. Olson and R. M. Rotty, The global Carbon Dioxide problem, ORNL, 5194, 1976.

5- D. D. Jones et al., Nature, 322, 430, 1986.

6- Carbon Dioxide and Climate, A scientific assessment, National Academy of Science, Washington D.C. 1979.

7- M. Mitchell Jr., In J.R. (ed) Mill: Prospects for Man, Climate Change, New York University Press, 1978.

8- M. Barth and J. Titus: Greenhouse effect and sea-level rise, a challenge for this generation. Van Nostrand Reinhold, 1984.

9- P. Buat Menard, in changing metal cycles and human health, Dalhem Konferenzen J. Nriagu (ed.), Springer Verlag 1984, p. 43.

10- C. Weisel et al., J. Geophys, Res., 89, 11607, 1984.

11- M. Murozumi, T. Chow and C. Patterson, Geochim. Cosmochim. Acta, 33, 1247, 1969.

12- A. Ng and C. Patterson, Geochim. Cosmochim. Acta, 45, 2109, 1981.

13- C. Patterson, Geochim. Cosmochim. Acta, 47, 1163, 1983

14- C. Boutron and C. Lorius, Nature, 277, 551, 1979.

15- C. Boutron, J. Geophys. Res., 85, 7426, 1980.

16- W. Wolff and D. Peel, Ann. Glaciology, in the press.

17- E. Boyle et a1., J. Geophys. Res., 91, 8573, 1986.

18- C. Patterson and D. Settle, Searex Newsletters, 10, 19, 1987.

19- Paul Choi et al., Water, Air and Soil Pollution, 4, 381, 1975.

20- Journal officiel, decret no. 67-228 du 15 Mars 1967.

21- American Conference of Governmental Industrial Hygienists 1970; American National Standards (Handbook of Chemistry and Physics, 57th Ed., 1976-1977).

22- Rapport final, Comite d'etude sur les consequences de vols stratospheriques. Paris, 1976. Societe Meteorologique de France.

23- R. D. Hudson and E. I. Reed, The Stratosphere, Present and Future, NASA Reference Publication, 1049, 1979.

24- L. B. Callis and M. Natarajan, Geoph. Res. Let., 8, 587, 1981.
25- J. C. Farman et al., Nature, 315, 207, 1985.
26- A. J. Krueger et al., Trans AGU 66, 838, 1985.
27- Climate of Polar Regions, World Survey of Climatology, Vol. 14, Elsevier Publishing Company.
28- S. Solomon et al., Nature, 321, 755, 1986.
29- M. B. McElroy et al., Nature 321, 759, 1986.
30- L. B. Callis et al., (NASA), Trans. AGU, 67, 524, 986.
31- International Symposium on Sulphur in the Atmosphere, 7-14 September, 1977, Dubrovnik, United Nations Environmental Program.
32- O. C. D. E. "Program on Long Range Transport of Air Pollutants, Paris, 1977.
33- Economic Impact of Acid Deposition on the Northeastern United States, Boston College, 1981.
34- J. M. Mitchell, Global Effect of Environmental Pollution. Singer, Holland. 1970.
35- R. E. Newell and B. C. Weare, Science, 194, 1413, 1976.
36- T. l. Chow and C. C. Patterson, Earth Planet, Sci, Lett., II, 397, 1966.
37- K. R. Bertine and E. D. Goldberg, Science, 173, 233, 1971.
38- Kraybill et al., Polychlorinated Biphenyls in the Environment, Report of Environment task force on PCB, Washington, D.C., U.S. Dept. of Commerce, No. 72, 10419, 181 p., 1972.
39- L. C. Dai et al., Some Preliminary Observations on 2,3,7,8 TCDD levels in human fat tissue samples from Vietnam (19841986) Communication of the Congress Dioxin '87, Las Vegas 1987.
40- P. C. Kahn et al., JAMA, 259, 1661, 1988.
41- A. L. Young et al., Air force technical report. OEHL-TR78-92 USAF, Occupational and Environmental Health Laboratory, Brooks AFB, Texas, NTIS, Springfield, Virginia, 1978.
42- J. H. Slater, Spectrumk Fr 2607/1, 1981.
43- S. T. Kellog, D. J. Chatterjee, and A. M. Chakrabarty, Science, 214, 1133, 1981.
44- P. Lagadec, Le risque Technologique majeur, Pergamon, 1981.
45- A. Picot, "Bhopal" Les retombées d'une tragedie, La Recherche, Paris, No. 175, p. 412, 1986.
46- J. Soukas, Evaluation of the coverage and validity of hazard and operability study, 5th International symposium "Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries," Cannes, September 1986.
47- لإنسان - البيئة - التنمية: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، الخرطوم 1982.
48- لإنسان - البيئة - التنمية: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، القاهرة 1978.
49- J. Faivre et al., A member de la nutrition et de l'alimentation, 30, 831, 1976.
50- S. S. Mirvish, Toxicology Applied Pharmacology, 31, 325, 1977.
51- J. A. Calder et al., The Amoco Cadiz Oil Spill, p. 21, 1978.
52- "Petroleum in the Marine Environment" Nat. Acad. of Sci., Washington, 1975, "Impact of Oil in the Marine Environment," GESAMP, report No. 6, 1977.
53- La Recherche, No. 180, Vol. 17, p. 1102, September 1986.

54- Atom, 287, p. 350, September 1980.

55- H. Selye, The Stress of Life, McGraw Hill, 1956.

56- P. Billaud, Apres-Demain 258, 15, 1983.

57- Robert H. Boyle and R. A. Boyle, Acid Rain, New York; Schocken Books, 1983.

58- Murdock, William W., ed., Environment: Resources, Pollution and Society. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, 2nd ed., 1975.

59- Beulah Tannenbaum and Myra Stilbmann. Clean Air. New York; McGraw Hill, 1974.

60- La Recherche, No. 169, Paris, September 1985 (La Pollution Par Les Nitrates), p. 1106.

61- Arnold Madison: Smoking and You, New York, Julian, Messner, 1975.

62- Ira Pilgrim: The Topic of Cancer. New York, Crowell, 1974.

63- Patricia A. D'ltri and Frank M. D'ltri: Mercury Contamination: A Human Tragedy, New York, John Wiley, 1979.

64- Mark J. Hammer: Water and Waste-Water Technology, New York, John Wiley, 1975.

65- D. M. Cunnold: Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on Atmospheric Ozone, October 1979, Report No. FAA EE 8020.

66- Proceedings of the Symposium on Atmospheric Ozone, Boulder USA, 4-9 August 1980.

67- P. Fritsch et al., Annals of Nutrition and Metabolism, 27, 38, 1983.

68- World Health Organization Regional Office for Europe: Chernobyl Reactor Accident, 6 May 1986.

69- المجمع المصري للثقافة العلمية: الكتاب السنوي الثاني والأربعون 1972.

70- المجمع المصري للثقافة العلمية: الكتاب السنوي الثالث والأربعون 1973.

المؤلف في سطور:

د. أحمد مدحت إسلام

* بكالوريوس علوم مع مرتبة الشرف من جامعة القاهرة عام 1946.

* دكتوراه في الكيمياء العضوية التخليقية من جامعة جلاسجو عام 1954.

* عمل مدرسا بجامعة عين شمس، وأستاذا مساعدا بجامعة أسيوط، ثم أستاذا ورئيسا لقسم الكيمياء بكلية الهندسة بجامعة الأزهر عام 1964.

* عين عميدا لكلية العلوم بجامعة الأزهر 1970-1976.

* عضو الأكاديمية المصرية للعلوم.

* عضو مجلس بحوث العلوم الأساسية بأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا.

* خبير بلجنتي الكيمياء والبترول بمجمع اللغة العربية.

* أستاذ متفرغ حاليا بكلية العلوم بجامعة الأزهر.



البنك الدولي

تأليف: شيريل بيير

ترجمة: أحمد فؤاد بلبع

هذا الكتاب

يهدف هذا الكتاب إلى أن يقدم للقارئ فكرة شاملة عن ظاهرة التلوث- أسبابها ومخاطرها وطرائق التخلص منها-هذه الظاهرة تمثل مشكلة من أكبر مشاكل العصر وأكثرها خطرا على مستقبل الحياة على الأرض.

ويناقش الكتاب بعض عناصر التلوث التي يقاسي (غير مفهوم) زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون، وأثر ذلك في الجو، وأثر مركبات الكلور فلورو كربون وغيرها في والتلوث بمخلفات البترول وبالمبيدات والمخصبات وغيرها من أنواع التلوث الكيميائي. كذلك يبين الكتاب بعض طرائق التخلص من النفايات النووية وغيرها، والآثار الضارة للضوضاء على سكان المدن.

واكبر مسبب للتلوث ناتج من التقدم الصناعي، فالمصانع الكثيرة التي أقامها الإنسان، وما تنفثه من غازات ضارة تلوث الهواء، وكذلك النفايات التي تخلفها تلك المصانع، وما تحتويه من مواد سامة، وإلقاء تلك المخلفات في البحار والأنهار، كل هذا يؤثر بشكل أو بآخر على الكائنات الحية التي تعيش فيها.

وقد نتج من تلوث البيئة أن اختل التوازن بين عناصرها المختلفة مما سبب خطورة على الحيوان والنبات. وقد أحس العديد من الدول والهيئات بخطورة التلوث، فعقدت مؤتمرات كثيرة للبحث في مشاكل التلوث وحماية الكائنات الحية من مخاطرها.